

Reglamento de Radiocomunicaciones

Recomendaciones UIT-R
incorporadas por referencia

4

Edición de 2024



Reglamento de Radiocomunicaciones

Recomendaciones UIT-R
incorporadas por referencia

4

Edición de 2024



Descargo de responsabilidad

Las denominaciones empleadas y la presentación del material en esta Publicación no implican la expresión de opinión alguna por parte de la UIT ni de la Secretaría de la UIT en relación con la situación jurídica de ningún país, territorio, ciudad o zona ni en relación con la delimitación de sus fronteras o límites.

© UIT 2024

Reservados todos los derechos. Ninguna parte de esta publicación puede reproducirse por ningún procedimiento sin previa autorización escrita por parte de la UIT.

Nota de la Secretaría

La revisión del Reglamento de Radiocomunicaciones, que complementa la Constitución y el Convenio de la Unión Internacional de Telecomunicaciones, incluye las decisiones de las Conferencias Mundiales de Radiocomunicaciones de 1995 (CMR-95), de 1997 (CMR-97), de 2000 (CMR-2000), de 2003 (CMR-03), de 2007 (CMR-07), de 2012 (CMR-12), 2015 (CMR-15), 2019 (CMR-19) y 2023 (CMR-23). La mayoría de las disposiciones de estos Reglamentos entrarán en vigor el 1 de enero de 2025; las disposiciones restantes se aplicarán a partir de las fechas específicas que se indican en el Artículo 59 del Reglamento de Radiocomunicaciones revisado.

Al preparar la Edición de 2024 del Reglamento de Radiocomunicaciones, la Secretaría corrigió los errores tipográficos que se habían señalado a la atención de la CMR-23 y que fueron aprobados por ésta.

En esta edición se utiliza el mismo sistema de numeración que el de la edición de 2001 del Reglamento de Radiocomunicaciones, especialmente:

Con respecto a los números de Artículo, esta edición sigue la numeración secuencial normal. Los números de Artículo no van seguidos por ninguna abreviatura (tal como «CMR-97», «CMR-2000», «CMR-03», «CMR-07», «CMR-12», «CMR-15», «CMR-19» o «CMR-23»). En consecuencia, se considera que toda referencia a un Artículo, en cualquiera de las disposiciones de este Reglamento de Radiocomunicaciones (por ejemplo, en el número 13.1 del Artículo 13), en los textos de los Apéndices que figuran en el Volumen 2 de esta edición (por ejemplo, en el § 1 del Apéndice 2), en los textos de las Resoluciones que figuran en el Volumen 3 de esta edición (por ejemplo, en la Resolución 1 (Rev.CMR-97)), y en los textos de las Recomendaciones que figuran en el Volumen 3 de esta edición (por ejemplo, en la Recomendación 8), es una referencia al texto del Artículo en cuestión que figura en esta edición, a menos que se especifique lo contrario.

Con respecto a los números de disposición en los Artículos, esta edición continúa utilizando números compuestos que indican el número del Artículo y el número de la disposición en dicho Artículo (por ejemplo, el número 9.2B indica la disposición número 2B del Artículo 9). La abreviatura «(CMR-23)», «(CMR-19)», «(CMR-15)», «(CMR-12)», «(CMR-07)», «(CMR-03)», «(CMR-2000)» o «(CMR-97)» al final de una disposición de este tipo indica que la disposición pertinente se modificó o añadió en la CMR-23, en la CMR-19, en la CMR-15, en la CMR-12, en la CMR-07, en la CMR-03, en la CMR-2000 o en la CMR-97, según el caso. La ausencia de una abreviatura al final de la disposición significa que ésta es idéntica a la disposición del Reglamento de Radiocomunicaciones simplificado que se aprobó en la CMR-95, y cuyo texto completo figura en el Documento 2 de la CMR-97.

Con respecto a los números de Apéndice, esta edición sigue la numeración secuencial normal, añadiendo la abreviatura adecuada tras el número del Apéndice (tal como «(CMR-97)», «(CMR-2000)», «(CMR-03)», «(CMR-07)», «(CMR-12)», «(CMR-15)», «(CMR-19)» o «(CMR-23)»), según el caso. Por regla general, toda referencia a un Apéndice, en cualquiera de las disposiciones de este Reglamento de Radiocomunicaciones, en los textos de los Apéndices que figuran en el Volumen 2 de esta edición, en los textos de las Resoluciones y de las Recomendaciones incluidas en el Volumen 3 de esta edición se presentan de la manera normalizada (por ejemplo, «Apéndice 30 (Rev.CMR-23)») si no se describen de forma explícita en el texto (por ejemplo, Apéndice 4 modificado por la CMR-23). En los textos de los Apéndices que se modificaron parcialmente en la CMR-23, las disposiciones que fueron modificadas por dicha Conferencia se indican con la abreviatura «(CMR-23)» al final del texto en cuestión. Si se hace referencia a un Apéndice sin ninguna abreviatura tras el número del Apéndice, en los textos de esta edición (por ejemplo, en el número 13.1), o sin ninguna otra descripción, dicha referencia se considera como una referencia al texto del Apéndice correspondiente que figura en esta edición.

En el texto del Reglamento de Radiocomunicaciones se ha utilizado el símbolo, ↑, para representar las cantidades relacionadas con un enlace ascendente. Asimismo, el símbolo, ↓, ha sido utilizado para representar las cantidades relacionadas con un enlace descendente.

Se utilizan en general las abreviaturas de los nombres de las conferencias administrativas mundiales de radiocomunicaciones y de las conferencias mundiales de radiocomunicaciones. Estas abreviaturas se indican a continuación.

Abreviatura	Conferencia
CAMR Mar	Conferencia Administrativa Mundial de Radiocomunicaciones encargada de cuestiones relativas al servicio móvil marítimo (Ginebra, 1967)
CAMR-71	Conferencia Administrativa Mundial de Telecomunicaciones Espaciales (Ginebra, 1971)
CAMRM-74	Conferencia Administrativa Mundial de Radiocomunicaciones Marítimas (Ginebra, 1974)
CAMR SAT-77	Conferencia Administrativa Mundial de Radiocomunicaciones para la radiodifusión por satélite (Ginebra, 1977)
CAMR-Aer2	Conferencia Administrativa Mundial de Radiocomunicaciones del servicio móvil aeronáutico (R) (Ginebra, 1978)
CAMR-79	Conferencia Administrativa Mundial de Radiocomunicaciones (Ginebra, 1979)
CAMR Mob-83	Conferencia Administrativa Mundial de Radiocomunicaciones para los servicios móviles (Ginebra, 1983)
CAMR HFBC-84	Conferencia Administrativa Mundial de Radiocomunicaciones para la planificación de las bandas de ondas decamétricas atribuidas al servicio de radiodifusión (Ginebra, 1984)
CAMR Orb-85	Conferencia Administrativa Mundial de Radiocomunicaciones sobre la utilización de la órbita de los satélites geostacionarios y la planificación de los servicios espaciales que la utilizan (Primera Reunión – Ginebra, 1985)
CAMR HFBC-87	Conferencia Administrativa Mundial de Radiocomunicaciones para la planificación de las bandas de ondas decamétricas atribuidas al servicio de radiodifusión (Ginebra, 1987)
CAMR Mob-87	Conferencia Administrativa Mundial de Radiocomunicaciones para los servicios móviles (Ginebra, 1987)
CAMR Orb-88	Conferencia Administrativa Mundial de Radiocomunicaciones sobre la utilización de la órbita de los satélites geostacionarios y la planificación de los servicios espaciales que la utilizan (Segunda Reunión – Ginebra, 1988)
CAMR-92	Conferencia Administrativa Mundial de Radiocomunicaciones para examinar la atribución de frecuencias en ciertas partes del espectro (Málaga-Torremolinos, 1992)
CMR-95	Conferencia Mundial de Radiocomunicaciones (Ginebra, 1995)
CMR-97	Conferencia Mundial de Radiocomunicaciones (Ginebra, 1997)
CMR-2000	Conferencia Mundial de Radiocomunicaciones (Estambul, 2000)
CMR-03	Conferencia Mundial de Radiocomunicaciones (Ginebra, 2003)
CMR-07	Conferencia Mundial de Radiocomunicaciones (Ginebra, 2007)
CMR-12	Conferencia Mundial de Radiocomunicaciones (Ginebra, 2012)
CMR-15	Conferencia Mundial de Radiocomunicaciones (Ginebra, 2015)
CMR-19	Conferencia Mundial de Radiocomunicaciones (Sharm el-Sheikh, 2019)
CMR-23	Conferencia Mundial de Radiocomunicaciones (Dubái, 2023)
CMR-27	Conferencia Mundial de Radiocomunicaciones, 2027 ¹

¹ La fecha de esta conferencia no es definitiva.

VOLUMEN 4

Recomendaciones UIT-R incorporadas por referencia*

ÍNDICE

	Página
Rec. UIT-R TF.460-6	Emisiones de frecuencias patrón y señales horarias..... 1
Rec. UIT-R M.489-2	Características técnicas de los equipos de radiotelefonía en ondas métricas utilizados en el servicio móvil marítimo con una separación de 25 kHz entre canales adyacentes..... 7
Rec. UIT-R M.492-6	Procedimientos de explotación para la utilización de equipos telegráficos de impresión directa en el servicio móvil marítimo..... 9
Rec. UIT-R P.525-4	Cálculo de la atenuación en el espacio libre..... 19
Rec. UIT-R P.526-15	Propagación por difracción 23
Rec. UIT-R M.541-11	Procedimientos de explotación para la utilización de equipos de llamada selectiva digital en el servicio móvil marítimo 69
Rec. UIT-R M.585-9	Asignación y uso de identidades del servicio móvil marítimo (Anexo I)..... 119
Rec. UIT-R M.633-5	Características de transmisión de una radiobaliza de localización de siniestros por satélite (RLS por satélite) que utiliza un sistema de satélites en la banda de 406,0-406,1 MHz 131
Rec. UIT-R S.672-4	Diagramas de radiación de antenas de satélite para utilizar como objetivo de diseño en el servicio fijo por satélite que emplea satélites geostacionarios..... 133
Rec. UIT-R M.690-3	Características técnicas de las radiobalizas de localización de siniestros (RLS) que funcionan con frecuencias portadoras de 121,5 MHz y 243 MHz..... 159
Rec. UIT-R RA.769-2	Criterios de protección para las mediciones radioastronómicas (Partes relativas a la aplicación del número 5.372) 161
Rec. UIT-R P.838-3	Modelo de la atenuación específica debida a la lluvia para los métodos de predicción 173
Rec. UIT-R M.1084-5	Soluciones provisionales para la utilización más eficaz de la banda 156-174 MHz por las estaciones del servicio móvil marítimo 181
Rec. UIT-R SM.1138-3	Determinación de las anchuras de banda necesarias, con inclusión de ejemplos de cálculo de las mismas y ejemplos conexos de denominación de emisiones..... 193

* En algunas de estas Recomendaciones, adoptadas antes del 1 de enero de 2001, el prefijo «S» indicado delante de las referencias a los textos del RR se mantiene hasta que las Recomendaciones correspondientes se modifiquen de acuerdo con los procedimientos normalizados.

Rec. UIT-R SA.1154-0	Disposiciones para proteger los servicios de investigación espacial (IE), operaciones espaciales (OE) y exploración de la Tierra por satélite (ETS) y facilitar la compartición con el servicio móvil en las bandas 2 025-2 110 MHz y 2 200-2 290 MHz.....	201
Rec. UIT-R M.1171-1	Procedimientos de radiotelefonía en el servicio móvil marítimo.....	229
Rec. UIT-R M.1172-0	Abreviaturas y señales diversas que habrán de utilizarse para las radiocomunicaciones en el servicio móvil marítimo	239
Rec. UIT-R M.1173-1	Características técnicas de los transmisores de banda lateral única utilizados para la radiotelefonía en el servicio móvil marítimo, en las bandas comprendidas entre 1 606,5 kHz (1 605 kHz en la Región 2) y 4 000 kHz y entre 4 000 kHz y 27 500 kHz	273
Rec. UIT-R M.1174-4	Características técnicas de los equipos utilizados para las comunicaciones a bordo de barcos en las bandas comprendidas entre 450 y 470 MHz	275
Rec. UIT-R M.1187-1	Método de cálculo de la región potencialmente afectada para una red del servicio móvil por satélite que funcione en la gama de 1-3 GHz y utilice órbitas circulares.....	279
Rec. UIT-R S.1256-0	Metodología para determinar la densidad de flujo de potencia total máxima en la órbita de los satélites geoestacionarios en la banda 6 700-7 075 MHz producida por enlaces de conexión de sistemas de satélites no geoestacionarios del servicio móvil por satélite en el sentido de transmisión espacio-Tierra	285
Rec. UIT-R RS.1260-2	Posibilidad de compartición entre sensores activos a bordo de vehículos espaciales y otros servicios en la gama 420-470 MHz	293
Rec. UIT-R BO.1293-2	Límites de protección y métodos de cálculo correspondientes para la interferencia causada a los sistemas de radiodifusión por satélite en los que intervienen emisiones digitales.....	307
Rec. UIT-R S.1340-0	Compartición entre los enlaces de conexión del servicio móvil por satélite y el servicio de radionavegación aeronáutica en el sentido Tierra-espacio en la banda 15,4-15,7 GHz	319
Rec. UIT-R S.1428-1	Diagramas de radiación de referencia de estación terrena del SFS para su utilización en la evaluación de interferencias relativas a satélites no OSG en las bandas de frecuencias entre 10,7 GHz y 30 GHz	335
Rec. UIT-R BO.1443-3	Diagramas de antena de referencia de estación terrena del servicio de radiodifusión por satélite para utilizar en la evaluación de la interferencia entre satélites no geoestacionarios en las bandas de frecuencias incluidas en el Apéndice 30 del RR	339
Rec. UIT-R RA.1513-2	Niveles de las pérdidas de datos en las observaciones de radioastronomía y criterios sobre el porcentaje de tiempo como resultado de la degradación causada por la interferencia en las bandas de frecuencias atribuidas a título primario al servicio de radioastronomía	347
Rec. UIT-R M.1583-1	Cálculo de la interferencia entre los sistemas no geoestacionarios del servicio móvil por satélite o del servicio de radionavegación por satélite y los emplazamientos de los telescopios de radioastronomía	363
Rec. UIT-R S.1586-1	Cálculo de los niveles de emisión no deseada producidos por un sistema del servicio fijo por satélite no geoestacionario en localizaciones de radioastronomía	371
Rec. UIT-R F.1613-0	Requisitos de operación y de instalación para sistemas de acceso inalámbrico fijo del servicio fijo en la Región 3 para asegurar la protección de sistemas del servicio de exploración de la Tierra por satélite (activo) y del servicio de investigación espacial (activo) en la banda 5 250-5 350 MHz	379
Rec. UIT-R RA.1631-0	Diagrama de antena de referencia de radioastronomía para uso en el análisis de compatibilidad entre sistemas no OSG y estaciones del servicio de radioastronomía basado en el concepto de dfpe	395

	Página
Rec. UIT-R M.1642-2	Metodología para evaluar el valor máximo de la densidad de flujo de potencia equivalente combinada de una estación del servicio de radionavegación aeronáutica procedente de todos los sistemas del servicio de radionavegación por satélite que funcionan en la banda 1 164-1 215 MHz 399
Rec. UIT-R M.1643-0	Requisitos técnicos y operacionales de las estaciones terrenas de aeronave del servicio móvil aeronáutico por satélite incluidas las que utilizan transpondedores de redes del servicio fijo por satélite en la banda de frecuencias 14-14,5 GHz (Tierra-espacio) 415
Rec. UIT-R M.1652-1	Selección dinámica de frecuencias en sistemas de acceso inalámbrico, incluidas las redes radioeléctricas de área local, para proteger el servicio de radiodeterminación en la banda de 5 GHz (<i>Anexos 1 y 5</i>)..... 421
Rec. UIT-R M.1827-1	Directrices sobre los requisitos técnicos y operacionales de las estaciones del servicio móvil aeronáutico (R) limitado a las aplicaciones de superficie en aeropuertos en la banda de frecuencia 5 091-5 150 MHz 441
Rec. UIT-R M.2013-0	Características técnicas de los sistemas de radionavegación aeronáutica no OACI que funcionan en torno a 1 GHz y criterios de protección de los mismos 445
Rec. UIT-R RS.2065-0	Protección de enlaces espacio-Tierra del servicio de investigación espacial (SIE) en las bandas 8 400-8 450 MHz y 8 450-8 500 MHz contra emisiones no deseadas de radares de apertura sintética que funcionan en el servicio de exploración de la Tierra por satélite (activo) alrededor de 9 600 MHz..... 455
Rec. UIT-R RS.2066-0	Protección del servicio de radioastronomía en la banda de frecuencias 10,6-10,7 GHz contra emisiones no deseadas de radares de apertura sintética que funcionan en el servicio de exploración de la Tierra por satélite (activo) alrededor de 9 600 MHz 465
Rec. UIT-R S.2157-0	Procedimientos para la evaluación de la interferencia causada por un sistema de satélites no geoestacionarios a un conjunto global de los enlaces de referencia genéricos de satélites geoestacionarios en las bandas de frecuencias 37,5 39,5 GHz (espacio-Tierra), 39,5-42,5 GHz (espacio-Tierra), 47,2-50,2 GHz (Tierra-espacio) y 50,4-51,4 GHz (Tierra-espacio)..... 473
Lista de las disposiciones reglamentarias, números y Resoluciones inclusive, que incorporan por referencia Recomendaciones UIT-R.....	489

RECOMENDACIÓN UIT-R TF.460-6*

Emissiones de frecuencias patrón y señales horarias

(Cuestión UIT-R 102/7)

(1970-1974-1978-1982-1986-1997-2002)

La Asamblea de Radiocomunicaciones de la UIT,

considerando

- a) que la Conferencia Administrativa Mundial de Radiocomunicaciones (Ginebra, 1979) (CAMR-79), ha atribuido a los servicios de frecuencias patrón y de señales horarias las frecuencias $20 \text{ kHz} \pm 0,05 \text{ kHz}$, $2,5 \text{ MHz} \pm 5 \text{ kHz}$ ($2,5 \text{ MHz} \pm 2 \text{ kHz}$ en la Región 1), $5 \text{ MHz} \pm 5 \text{ kHz}$, $10 \text{ MHz} \pm 5 \text{ kHz}$, $15 \text{ MHz} \pm 10 \text{ kHz}$, $20 \text{ MHz} \pm 10 \text{ kHz}$ y $25 \text{ MHz} \pm 10 \text{ kHz}$;
- b) que se emiten frecuencias patrón y señales horarias suplementarias en otras bandas de frecuencias;
- c) las disposiciones del Artículo 26 del Reglamento de Radiocomunicaciones;
- d) la constante necesidad de una estrecha colaboración entre la Comisión de Estudio 7 de Radiocomunicaciones y la Organización Marítima Internacional (OMI), la Organización de la Aviación Civil Internacional (OACI), la Conferencia General de Pesos y Medidas (CGPM), el Bureau international des poids et mesures (BIPM) y el International Earth Rotation Service (IERS), así como con los miembros interesados del Consejo Internacional de Uniones Científicas (CIUC);
- e) que conviene mantener la coordinación mundial de las emisiones de frecuencias patrón y de señales horarias;
- f) que es necesario difundir las frecuencias patrón y las señales horarias de conformidad con la definición del segundo de la XIII Conferencia General de Pesos y Medidas, 1967;
- g) que sigue siendo necesario poder disponer inmediatamente del Tiempo Universal (UT) con una incertidumbre de una décima de segundo,

recomienda

1 que todas las emisiones de frecuencias patrón y señales horarias se ajusten lo más posible al Tiempo Universal Coordinado (UTC) (véase el Anexo 1); que las señales horarias no difieran del UTC en más de 1 ms; que en las frecuencias patrón no haya una desviación superior a 1×10^{-10} y que las señales horarias emitidas por cada estación transmisora tengan una relación conocida con la fase de la portadora;

2 que las emisiones de señales horarias y frecuencias patrón y otras emisiones de señales horarias destinadas a aplicaciones científicas (con la posible excepción de las dedicadas a sistemas especiales) contengan información sobre UT1 – UTC y TAI – UTC (véase el Anexo 1).

* Esta Recomendación debe señalarse a la atención de la OMI, la OACI, la CGPM, el BIPM, el IERS, la Unión Internacional Geodésica y Geofísica (IUGG), la Unión Radiocientífica Internacional (URSI) y la Unión Astronómica Internacional (UAI).

ANEXO 1

Escalas de tiempo**A Tiempo Universal (UT)**

El UT es la designación general de las escalas de tiempo basadas en la rotación de la Tierra.

En las aplicaciones en las que no se puede tolerar una imprecisión de unas centésimas de segundo, es necesario especificar las formas de UT que deben utilizarse:

UT0 es el tiempo solar medio, del meridiano origen, obtenido a partir de observaciones astronómicas directas;

UT1 es el UT0 con correcciones de los ligeros movimientos de la Tierra con relación al eje de rotación (variación polar);

UT2 es el UT1 con corrección de los efectos de las pequeñas fluctuaciones estacionales en la velocidad de rotación de la Tierra;

UT1 se utiliza en este texto ya que corresponde directamente a la posición angular de la Tierra en torno a su eje de rotación diurna.

Definiciones abreviadas de los términos citados más arriba, se encuentran en las publicaciones del IERS (París, Francia).

B Tiempo Atómico Internacional (TAI)

La escala de referencia de TAI, basada en el segundo (SI), como se obtiene con arreglo algeode rotativo, la forma el BIPM con la información de reloj facilitada por establecimientos colaboradores. Tiene forma de escala continua, es decir, en días, horas, minutos y segundos, desde el 1 de enero de 1958 (aprobada por el CGPM en 1971).

C Tiempo Universal Coordinado (UTC)

El UTC es la escala de tiempo mantenida por el BIPM, con la participación del IERS, y constituye la base de una difusión coordinada de frecuencias patrón y señales horarias. Corresponde exactamente en cuanto al régimen de transcurso con el TAI aunque difiere de él en un número entero de segundos.

La escala de UTC se ajusta mediante inserción u omisión de segundos (segundos intercalares positivos o negativos) necesarios para asegurar una concordancia aproximada con UT1.

D DUT1

El valor de la diferencia prevista $UT1 - UTC$, conforme se difunde con las señales horarias se designa DUT1; con lo que: $DUT1 \approx UT1 - UTC$. DUT1 puede considerarse como una corrección que ha de hacerse a UTC para obtener una aproximación mejor a UT1.

Los valores de DUT1 los da el IERS en múltiplos de 0,1 s.

Se aplican las siguientes normas de explotación:

1 Tolerancias

- 1.1 La magnitud de DUT1 no debe exceder de 0,8 s.
- 1.2 La diferencia entre UTC y UT1 no debe exceder de $\pm 0,9$ s (véase la Nota 1).
- 1.3 La desviación de (UTC + DUT1) no debe exceder de $\pm 0,1$ s.

NOTA 1 – La diferencia entre los valores máximos de DUT1 y la máxima diferencia entre UTC y UT1 representa la desviación admisible de (UTC + DUT1) de UT1 y constituye una protección del IERS contra variaciones imprevisibles en la velocidad de rotación de la Tierra.

2 Segundos intercalares

- 2.1 Un segundo intercalar positivo o negativo debe ser el último segundo de un mes UTC, pero hay que dar preferencia en primer lugar al final de diciembre y de junio, y en segundo lugar al final de marzo y septiembre.
- 2.2 Un segundo intercalar positivo comienza a las 23h 59m 60s y termina a las 0h 0m 0s del primer día del mes siguiente. En el caso de un segundo intercalar negativo, 23h 59m 58s irá seguido, un segundo después, por 0h 0m 0s del primer día del mes siguiente (véase el Anexo 3).
- 2.3 El IERS debe tomar la decisión de insertar un segundo intercalar, y anunciarla con una antelación de por lo menos 8 semanas.

3 Valor de DUT1

- 3.1 Se pide al IERS que determine el valor de DUT1 y su fecha de introducción y dé a conocer estos datos con un mes de antelación. En casos excepcionales de variaciones bruscas de la velocidad de rotación de la Tierra, el IERS puede anunciar una corrección con una antelación de dos semanas, como mínimo.
- 3.2 Las administraciones y organizaciones utilizarán el valor de DUT1 indicado por el IERS para las emisiones de frecuencias patrón y de señales horarias, y se les encarece que den a la información la mayor difusión posible a través de publicaciones periódicas, boletines, etc.
- 3.3 Cuando el DUT1 se difunda en código, el código debe ajustarse a los siguientes principios (a reserva de lo indicado en el § 3.4):
 - la magnitud de DUT1 la especifica el número de marcas acentuadas de segundos, y el signo de DUT1 lo especifica la posición de las marcas acentuadas de segundos con relación a la marca de minuto. La ausencia de estas señales acentuadas indica $DUT1 = 0$;
 - la información codificada debe emitirse después de cada minuto identificado si ello es compatible con el formato de la emisión. En caso contrario la información codificada debe emitirse, como mínimo absoluto, después de cada uno de los cinco primeros minutos identificados de cada hora.

En el Anexo 2 figuran todos los detalles del código.

- 3.4 La información de DUT1, concebida primordialmente para el equipo de decodificación automática y utilizada con él, puede ir seguida de un código distinto, pero debe emitirse después de cada minuto identificado si ello es compatible con el formato de la emisión. En caso contrario la información codificada debe emitirse, como mínimo absoluto, después de cada uno de los cinco primeros minutos identificados de cada hora.

3.5 Cualquier otra información que pueda emitirse en la parte de la emisión de las señales horarias indicada en los § 3.3 y 3.4 para la información codificada de DUT1 debería ser de un formato lo bastante diferente para que no se confunda con DUT1.

3.6 Además, las indicaciones de UT1 – UTC podrán darse con igual o mayor precisión por otros medios, por ejemplo, mediante mensajes asociados a los boletines marítimos o a las previsiones meteorológicas, etc.; los anuncios de futuros segundos a intercalar pueden hacerse también por estos medios.

3.7 Se ruega al IERS que siga publicando los valores definitivos de las diferencias: UT1 – UTC y UT2 – UTC.

E DTAI

El valor de la diferencia TAI – UTC, conforme se difunde con las señales horarias se designará DTAI. $DTAI = TAI - UTC$ puede considerarse como una corrección que ha de hacerse a UTC para obtener TAI.

Los valores de TAI – UTC se publican en la Circular T del BIPM. El IERS debería anunciar el valor de DTAI en múltiplos enteros de un segundo en el mismo anuncio de la inserción de un segundo intercalar (véase el § 2 del punto D).

ANEXO 2

Código para la transmisión DUT1

Los valores positivos de DUT1 se indicarán acentuando un número, n , de marcas de segundo consecutivas que siguen a la marca de minuto, a partir de la marca del primer segundo hasta la marca del segundo, n , inclusive; n es un número entero comprendido entre 1 y 8, ambos inclusive.

$$DUT1 = (n \times 0,1) \text{ s}$$

Los valores negativos de DUT1 se indicarán acentuando un número, m , de las marcas de segundo consecutivas que siguen a la marca de minutos a partir de la marca del noveno segundo hasta la marca del segundo $(8 + m)$ inclusive; siendo m un número entero comprendido entre 1 y 8, ambos inclusive.

$$DUT1 = -(m \times 0,1) \text{ s}$$

La ausencia de marcas acentuadas de segundo, indicará el valor 0 para DUT1.

Las marcas de segundo pueden acentuarse, por ejemplo, alargando, duplicando, separando en dos o modulando mediante un tono las marcas normales de segundo.

Ejemplos:

FIGURA 1
DUT1 = + 0,5 s

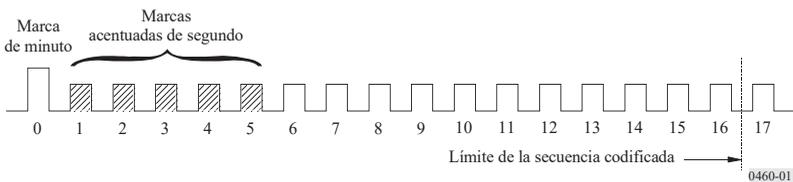
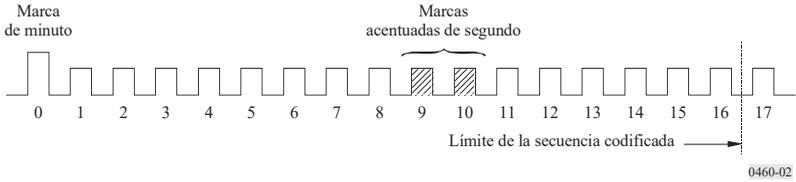


FIGURA 2
DUT1 = -0,2 s



ANEXO 3

Asignación de fechas a los sucesos próximos a un segundo intercalar

La asignación de fechas a los sucesos próximos a un segundo intercalar se hará de la manera siguiente:

FIGURA 3
Segundo intercalar positivo

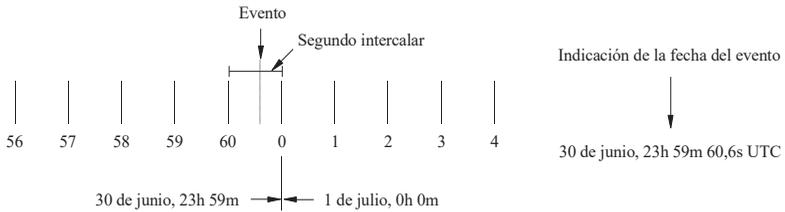
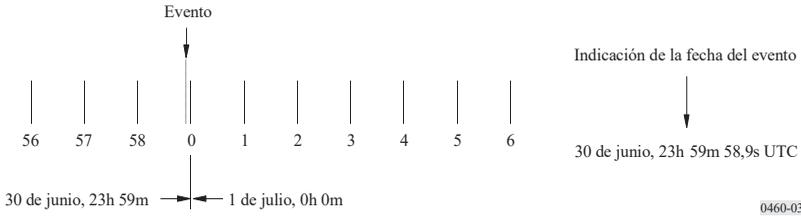


FIGURA 4
Segundo intercalar negativo



RECOMENDACIÓN UIT-R M.489-2*

CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DE LOS EQUIPOS DE RADIOTELEFONÍA EN ONDAS MÉTRICAS UTILIZADOS EN EL SERVICIO MÓVIL MARÍTIMO CON UNA SEPARACIÓN DE 25 kHz ENTRE CANALES ADYACENTES

(1974-1978-1995)

Resumen

Esta Recomendación describe las características técnicas de los transmisores y receptores (o transeceptores) radiotelefónicos en ondas métricas utilizados en el servicio móvil marítimo cuando se emplean canales de 25 kHz conformes al Apéndice S18 [Apéndice 18] al Reglamento de Radiocomunicaciones (RR). También indica las características adicionales que deben tener los transeceptores para la llamada selectiva digital.

La Asamblea de Radiocomunicaciones de la UIT,

considerando

- a) que la Resolución N.º 308 de la Conferencia Administrativa Mundial de Radiocomunicaciones (Ginebra, 1979) estipulaba:
 - que todos los equipos radiotelefónicos utilizados en el servicio móvil marítimo que funcionan en ondas métricas deberían funcionar con una separación entre canales de 25 kHz a partir del 1 de enero de 1983;
- b) que en el Apéndice S18 [Apéndice 18] al RR figura un cuadro de frecuencias de transmisión para el servicio móvil marítimo, basado en una separación de 25 kHz entre canales;
- c) que en el Ruego UIT-R 42 se invita a la Comisión Electrotécnica Internacional (CEI) a que comunique al Sector de Radiocomunicaciones todo método de medida aplicable al equipo radioeléctrico utilizado en los servicios móviles terrestres; y que estos métodos de medida pueden ser también adecuados para los equipos radioeléctricos utilizados en los servicios móviles marítimos;
- d) que es necesario especificar las características técnicas de los equipos de radiotelefonía en ondas métricas utilizados en el servicio móvil marítimo con una separación de 25 kHz entre canales adyacentes,

recomienda

1 que se adopten las siguientes características para el equipo radiotelefónico de modulación de frecuencia en ondas métricas del servicio móvil marítimo que funciona en las frecuencias especificadas en el Apéndice S18 [Apéndice 18] al RR:

1.1 Características generales

1.1.1 Debe utilizarse la clase de emisión F3E/G3E.

1.1.2 La anchura de banda necesaria debe ser de 16 kHz.

1.1.3 Debe utilizarse únicamente la modulación de fase (modulación de frecuencia con una característica de preacentuación de 6 dB por octava).

* Esta Recomendación debe señalarse a la atención de la Organización Marítima Internacional (OMI) y del Sector de Normalización de las Telecomunicaciones (UIT-T).

Nota de la Secretaría: Las referencias al Reglamento de Radiocomunicaciones (RR) que figuran en esta Recomendación hacen referencia al RR revisado por la Conferencia Mundial de Radiocomunicaciones de 1995. Estos elementos relativos a dicho RR entrarán en vigor el 1.º de junio de 1998. En algunos casos, las referencias equivalentes al actual RR figuran también entre corchetes.

1.1.4 La desviación de frecuencia correspondiente a una modulación del 100% deberá ser lo más próxima posible a ± 5 kHz. En ningún caso deberá rebasar los valores de ± 5 kHz. Deben utilizarse circuitos limitadores de manera que la máxima excursión de frecuencias obtenible sea independiente de la audiofrecuencia de entrada.

1.1.5 Cuando se haga uso de sistemas dúplex o semidúplex, la calidad de funcionamiento del equipo radioeléctrico debiera seguir ajustándose a las especificaciones de la presente Recomendación.

1.1.6 El equipo debe estar diseñado de modo que los cambios de frecuencia entre canales asignados puedan efectuarse en 5 s, como máximo.

1.1.7 La radiación debe estar, en su origen, polarizada verticalmente.

1.1.8 Las estaciones que hagan uso de la llamada selectiva digital deberán tener las siguientes características:

- a) sensibilidad para determinar la presencia de una señal en 156,525 MHz (canal 70); y
- b) prevención automática de la transmisión de una llamada, salvo en el caso de llamadas de socorro y seguridad, cuando el canal está ocupado por otras llamadas.

1.2 Transmisores

1.2.1 La tolerancia de frecuencia para los transmisores de estaciones costeras no debe ser superior a 5×10^{-6} y para los de estaciones de barcos, a 10×10^{-6} .

1.2.2 Las radiaciones no esenciales en frecuencias discretas, medidas con una carga no reactiva igual a la impedancia nominal de salida del transmisor, deben ajustarse a lo dispuesto en el Apéndice S3 [Apéndice 8] al RR.

1.2.3 La potencia de la portadora de los transmisores de las estaciones costeras no debe rebasar normalmente los 50 W.

1.2.4 La potencia de la portadora de los transmisores de las estaciones de barco no debe rebasar el valor de 25 W. Debe disponerse de medios para reducir fácilmente esta potencia a 1 W, o menos, para cortas distancias, salvo en los equipos de llamada selectiva digital que funcionan en 156,525 MHz (canal 70), en cuyo caso la posibilidad de reducción de la potencia es opcional. (Véase también la Recomendación UIT-R M.541, *recomienda 3.7*.)

1.2.5 El límite superior de la banda de audiofrecuencias no debe superar los 3 kHz.

1.2.6 La potencia radiada por la caja del equipo no debe rebasar los 25 μ W. En algunos medios radioeléctricos puede requerirse un valor más bajo.

1.3 Receptores

1.3.1 La sensibilidad de referencia debe ser igual o menor que una f.e.m. de 2,0 μ V para una determinada relación señal/ruido de referencia a la salida del receptor.

1.3.2 La selectividad de canal adyacente debe ser de 70 dB, por lo menos.

1.3.3 La atenuación de la respuesta parásita debe ser de 70 dB, por lo menos.

1.3.4 La atenuación de la intermodulación en radiofrecuencia debe ser de 65 dB por lo menos.

1.3.5 La potencia de toda emisión espuria conducida, medida en los terminales de la antena, no debe superar los 2,0 nW en ninguna frecuencia discreta. En algunos medios radioeléctricos pueden requerirse valores más bajos.

1.3.6 La potencia radiada aparente de toda emisión no esencial radiada por la caja del equipo en cualquier frecuencia hasta 70 MHz no debe superar los 10 nW. Para frecuencias superiores a 70 MHz, hasta 1 000 MHz, la potencia de las emisiones no esenciales, no debe ser mayor de 10 nW en más de 6 dB/octava. En algunos medios radioeléctricos pueden requerirse valores más bajos;

2 que se consulten las Recomendaciones UIT-R SM.331 y UIT-R SM.332, así como las publicaciones pertinentes de la CEI sobre métodos de medición.

RECOMENDACIÓN UIT-R M.492-6*

**PROCEDIMIENTOS DE EXPLOTACIÓN PARA LA UTILIZACIÓN
DE EQUIPOS TELEGRÁFICOS DE IMPRESIÓN DIRECTA
EN EL SERVICIO MÓVIL MARÍTIMO**

(Cuestión UIT-R 5/8)

(1974-1978-1982-1986-1990-1992-1995)

Resumen

Esta Recomendación indica en el Anexo 1 los procedimientos de explotación para la utilización de equipos telegráficos de impresión directa en la comunicación entre un barco y una estación costera en el modo ARQ selectivo en régimen automático o semiautomático, y con varias estaciones de barco o un solo barco en el modo FEC de difusión. También especifica el interfuncionamiento entre los equipos de conformidad con las características técnicas indicadas en las Recomendaciones UIT-R M.476 y UIT-R M.625. El Apéndice 1 define procedimientos para el establecimiento de las llamadas.

La Asamblea de Radiocomunicaciones de la UIT,

considerando

- a) que se explotan servicios telegráficos de impresión directa de banda estrecha utilizando el equipo descrito en las Recomendaciones UIT-R M.476, UIT-R M.625 y UIT-R M.692;
- b) que en la Recomendación UIT-R M.625, se describe un sistema telegráfico de impresión directa de banda estrecha mejorado, que permite la identificación automática y puede utilizar números de identificación de 9 cifras;
- c) que deben aprobarse procedimientos de explotación para estos servicios;
- d) que, en la medida de lo posible, estos procedimientos de explotación deben ser similares para todos los servicios y en todas las bandas de frecuencias. (Pueden necesitarse diferentes procedimientos de explotación en las bandas de frecuencias distintas de las bandas de ondas decamétricas y hectométricas);
- e) la existencia de un gran número de equipos conformes con la Recomendación UIT-R M.476;
- f) que es necesaria la compatibilidad de funcionamiento entre los equipos que se ajustan a la Recomendación UIT-R M.476 y los que se ajustan a la Recomendación UIT-R M.625, por lo menos durante un periodo transitorio,

recomienda

- 1 que se apliquen los procedimientos de explotación del Anexo 1 en las bandas de ondas hectométricas y decamétricas en lo que respecta al empleo en el servicio móvil marítimo del equipo telegráfico de impresión directa de banda estrecha, conforme a las Recomendaciones UIT-R M.476 o UIT-R M.625;
- 2 al utilizar la telegrafía de impresión directa o sistemas similares en cualesquiera de las bandas de frecuencias atribuidas al servicio móvil marítimo, la llamada pueda efectuarse, mediante acuerdo previo, en una frecuencia de trabajo disponible para dicho sistema.

* Esta Recomendación debe señalarse a la atención de la Organización Marítima Internacional (OMI) y del Sector de Normalización de las Telecomunicaciones (UIT-T).

ANEXO 1

Procedimientos operacionales**1 Modo A (ARQ)**

1.1 Los métodos utilizados para el establecimiento de comunicaciones telegráficas de impresión directa de banda estrecha entre una estación de barco y una estación costera en el modo ARQ, deben ser totalmente automáticos o semiautomáticos, de manera que una estación de barco tenga acceso directo a una estación costera en una frecuencia de recepción de la estación costera, y que una estación costera tenga acceso directo a una estación de barco en una frecuencia de transmisión de estación costera.

1.2 Sin embargo, no se excluye la posibilidad de que, en caso necesario, se establezca un contacto previo por telegrafía Morse, radiotelefonía, u otros medios.

1.3 La comunicación con un teleimpresor distante a través de un circuito especializado o con un abonado de la red de télex internacional puede efectuarse por medios manuales, semiautomáticos o automáticos.

NOTA 1 – Antes de que pueda introducirse un servicio automático internacional es necesario llegar a un acuerdo sobre un plan de numeración, sobre el encaminamiento del tráfico y sobre la tasación. Esta cuestión debe ser estudiada conjuntamente por el UIT-T y el UIT-R.

NOTA 2 – Las Recomendaciones UIT-R M.476 (§ 3.1.5) y UIT-R M.625 (§ 3.8) prevén el restablecimiento automático de los circuitos radioeléctricos por reposición de la fase en caso de interrupción. Sin embargo, se ha comunicado que este procedimiento ha planteado en algunos países problemas técnicos y de explotación cuando los circuitos radioeléctricos se extienden a la red pública con conmutación o a ciertos tipos de equipos de conmutación automática o de almacenamiento y retransmisión. Por este motivo, algunas estaciones costeras no aceptan mensajes si se utiliza el procedimiento de reposición de la fase.

NOTA 3 – Cuando se establezca una conexión en el modo ARQ con la red télex internacional a través de una estación costera, deben observarse cuando, sea posible, los requisitos generales especificados en la Recomendación UIT-T U.63.

1.4 Cuando en virtud de acuerdos previos, se requiere la explotación no atendida para comunicaciones entre una estación costera y una estación de barco, o entre dos estaciones de barco, la estación de barco receptora debe disponer de un receptor sintonizado en la frecuencia de transmisión de la otra estación, así como de un transmisor sintonizado, o capaz de ser sintonizado automáticamente, en la frecuencia apropiada, y preparado para transmitir en esa frecuencia.

1.5 En explotación no atendida, una estación de barco debe ser llamada selectivamente por la estación costera o de barco que inicie la comunicación, como indican las Recomendaciones UIT-R M.476 y UIT-R M.625. La estación de barco en cuestión podría memorizar el tráfico y estar preparada para transmitirlo automáticamente a petición de la estación que llama.

1.6 Recibida la señal de «cambio», de la estación que llama, se transmitirá todo el tráfico contenido en la memoria de tráfico de la estación de barco.

1.7 Terminada la comunicación debe transmitirse una señal de «fin de comunicación», después de lo cual el equipo de la estación de barco debe pasar automáticamente a la condición de «espera».

1.8 La señal de «canal libre» podrá ser transmitida por una estación costera cuando sea necesario para indicar que el canal está abierto al tráfico. Las señales de «canal libre» deberán de preferencia limitarse a un solo canal por banda de ondas decamétricas y su duración deberá ser lo más corta posible. De conformidad con el artículo 18 del Reglamento de Radiocomunicaciones y reconociendo la elevada carga de las frecuencias disponibles para impresión directa de banda estrecha en las bandas de ondas decamétricas, las señales de «canal libre» no deberán utilizarse en los futuros sistemas previstos.

1.9 El formato de la señal «canal libre» transmitida por la estación costera debe componerse de señales del código de detección de errores de 7 unidades, que figura en el § 2 del Anexo 1 a la Recomendación UIT-R M.476 y en el § 2 del Anexo 1 a la Recomendación UIT-R M.625. Tres de estas señales deberán agruparse en un bloque, siendo la del medio la señal «señal de repetición» (RQ); la primera, cualquiera de las señales VXKMC F TBOZA; y la tercera, cualquiera de las señales VMPCYFS OIRZDA (véase la Recomendación UIT-R M.491). Estas señales deberán indicarse en la lista de estaciones costeras de la UIT.

Las selecciones de las nuevas señales se harán preferiblemente de forma que se correspondan con las primeras dos cifras del número de identificación de cuatro cifras de esa estación costera. Si ello no fuera posible por no figurar los caracteres necesarios entre los que se han indicado más arriba, o si no se deseara emplear dicha combinación por utilizarse ya en otra estación costera, es preferible que se seleccione una combinación de caracteres pertenecientes a la segunda parte de cada una de las cadenas indicadas; por ejemplo, TBOZA para la primera señal y OIRZDA para la

tercera señal del bloque del canal libre. Las señales del bloque se transmiten a una velocidad de modulación de 100 Bd y los bloques están separados por pausas de 240 ms. Para sistemas manuales, esta señal de «canal libre» puede quedar interrumpida durante un periodo de ausencia de señal o, por una señal o señales que permitan que el operador reconozca la condición de «canal libre» a oído. Una señal audible, por ejemplo una señal Morse, puede utilizarse solamente como señal «canal libre» en sistemas manuales. Antes de la interrupción deberán transmitirse al menos 8 bloques de la señal de 7 unidades.

1.10 En caso de explotación con una sola frecuencia, según se describe en la Recomendación UIT-R M.692, debe interrumpirse la señal de «canal libre» por periodos de escucha de al menos 3 s.

1.11 A continuación se indica un procedimiento operacional general para el establecimiento de llamadas entre estaciones de barco y entre estación de barco y estaciones costeras, y en el Apéndice 1 se señalan procedimientos específicos.

1.12 Procedimientos para la explotación manual

1.12.1 Sentido de estación de barco a estación costera

1.12.1.1 El operador de la estación de barco establece la comunicación con la estación costera por telegrafía Morse de clase A1A, telefonía, u otros medios, empleando los procedimientos normales de llamada. A continuación, le solicita la comunicación de impresión directa, procede al intercambio de información relativa a las frecuencias que han de emplearse y, en su caso, le indica el número de llamada selectiva de la estación de barco para la impresión directa, asignado de acuerdo con lo dispuesto en la Recomendación UIT-R M.476 o UIT-R M.625 según se considere, o la identidad de estación de barco asignada de acuerdo con el Prefacio a la Lista VII A.

1.12.1.2 El operador de la estación costera establece seguidamente la comunicación de impresión directa en la frecuencia convenida, utilizando la identificación apropiada del barco.

1.12.1.3 Alternativamente, el operador de la estación de barco llama a la estación costera, utilizando el equipo de impresión directa, en una frecuencia de recepción de la estación costera determinada previamente, haciendo uso de la señal de identificación, asignada de acuerdo con lo dispuesto en la Recomendación UIT-R M.476 o UIT-R M.625 según se considere, o de la identidad de la estación costera asignada de acuerdo con el Prefacio a la Lista VII A.

1.12.1.4 El operador de la estación costera establece seguidamente la comunicación de impresión directa en la frecuencia de transmisión correspondiente de su estación.

1.12.2 Sentido de estación costera a estación de barco

1.12.2.1 El operador de la estación costera llama a la estación de barco por telegrafía Morse de clase A1A, telefonía u otros medios, empleando los procedimientos normales de llamada.

1.12.2.2 El operador de la estación de barco aplica entonces los procedimientos descritos en los § 1.12.1.1 ó 1.12.1.3.

1.12.3 Comunicaciones entre barcos

1.12.3.1 El operador de la estación de barco que llama establece la comunicación con la estación de barco llamada, por telegrafía Morse de clase A1A, telefonía u otros medios, empleando los procedimientos normales de llamada. A continuación le solicita la comunicación de impresión directa, procede al intercambio de información relativa a las frecuencias que han de emplearse y, en su caso, le indica el número de llamada selectiva de su estación que hay que utilizar para la impresión directa, número que será asignado de acuerdo con lo dispuesto en la Recomendación UIT-R M.476 o UIT-R M.625 según se considere, o la identidad de la estación de barco asignada de acuerdo con el Prefacio a la Lista VII A.

1.12.3.2 Seguidamente el operador de la estación de barco llamada establece la comunicación de impresión directa en la frecuencia convenida, haciendo uso de la apropiada señal de identificación del barco que llama.

1.13 Procedimientos para la explotación automática

1.13.1 Sentido de estación de barco a estación costera

1.13.1.1 La estación de barco llama a la estación costera en una frecuencia de recepción de la estación costera previamente determinada, utilizando el equipo de impresión directa y la señal de identificación de la estación costera asignada de acuerdo con lo dispuesto en la Recomendación UIT-R M.476 o UIT-R M.625 según se considere, o la identidad de la estación costera asignada de acuerdo con el Prefacio a la Lista VII A.

1.13.1.2 El equipo de impresión directa de la estación costera detecta la llamada y la estación costera le responde directamente de manera automática o manual en su correspondiente frecuencia de transmisión.

1.13.2 Sentido de estación costera a estación de barco

1.13.2.1 La estación costera llama a la estación de barco, en una de sus frecuencias de transmisión determinada previamente, utilizando el equipo de impresión directa y el número de llamada selectiva de la estación de barco para la impresión directa asignado de acuerdo con lo dispuesto en la Recomendación UIT-R M.476 o UIT-R M.625 según se considere, o la identidad de la estación de barco asignada de acuerdo con el Prefacio a la Lista VII A.

1.13.2.2 El equipo de impresión directa de la estación de barco, sintonizado para recibir en la frecuencia de transmisión previamente determinada de la estación costera, detecta la llamada y seguidamente transmite la respuesta de una de las siguientes maneras:

- a) la estación de barco contesta inmediatamente en la correspondiente frecuencia de recepción de la estación costera, o bien lo hace ulteriormente utilizando el procedimiento descrito en el § 1.12.1.3; o
- b) el transmisor de la estación de barco se pone en marcha automáticamente en la correspondiente frecuencia de recepción de la estación costera; el equipo de impresión directa responde seguidamente transmitiendo las señales apropiadas para indicar que está en condiciones de recibir el tráfico automáticamente.

1.14 Formato del mensaje

1.14.1 Cuando la estación costera dispone de instalaciones apropiadas se podrá cursar tráfico, hacia y desde la red télex:

- a) bien por el modo de «conversación», según el cual las estaciones interesadas se conectan directamente de manera automática o manual;
- b) o bien por el modo de «almacenamiento y retransmisión», según el cual los mensajes se almacenan en la estación costera hasta que de manera automática o manual pueda establecerse el circuito con la estación llamada.

1.14.2 En el sentido de estación costera a estación de barco se procurará que el formato del mensaje se ajuste al normalmente utilizado en la red télex (véase también el Apéndice 1, § 2).

1.14.3 En el sentido de estación de barco a estación costera, se procurará que el formato del mensaje se ajuste a los procedimientos de explotación especificados en el § 1 del Apéndice 1.

2 Modo B (FEC)

2.1 Por acuerdo previo, una estación costera o de barco puede transmitir mensajes en el modo B a una o más estaciones de barco, precedidos, si se desea, por el código de llamada selectiva del barco (o barcos) en los casos en que:

- 2.1.1** una estación receptora de barco no esté autorizada para utilizar su transmisor o no pueda hacer uso de él, o
- 2.1.2** las comunicaciones estén destinadas a más de un barco, o
- 2.1.3** se requiera la recepción no atendida en modo B y no sea necesario un acuse de recibo automático.

En estos casos, los receptores de las estaciones de barco deben estar sintonizados en la frecuencia apropiada de transmisión de la estación costera o de barco.

2.2 Todos los mensajes transmitidos en modo B comenzarán con señales «retroceso del carro» y «cambio de renglón».

2.3 Cuando la estación de barco reciba señales de puesta en fase en el modo B, su teleimpresor debe arrancar automáticamente; del mismo modo deberá detenerse automáticamente cuando cese la recepción de la emisión.

2.4 Las estaciones de barco podrán acusar recibo por telegrafía Morse de clase A1A, telefonía u otros medios, de los mensajes en modo B.

3 Compatibilidad de funcionamiento entre equipos que se ajustan a las Recomendaciones UIT-R M.476 y UIT-R M.625

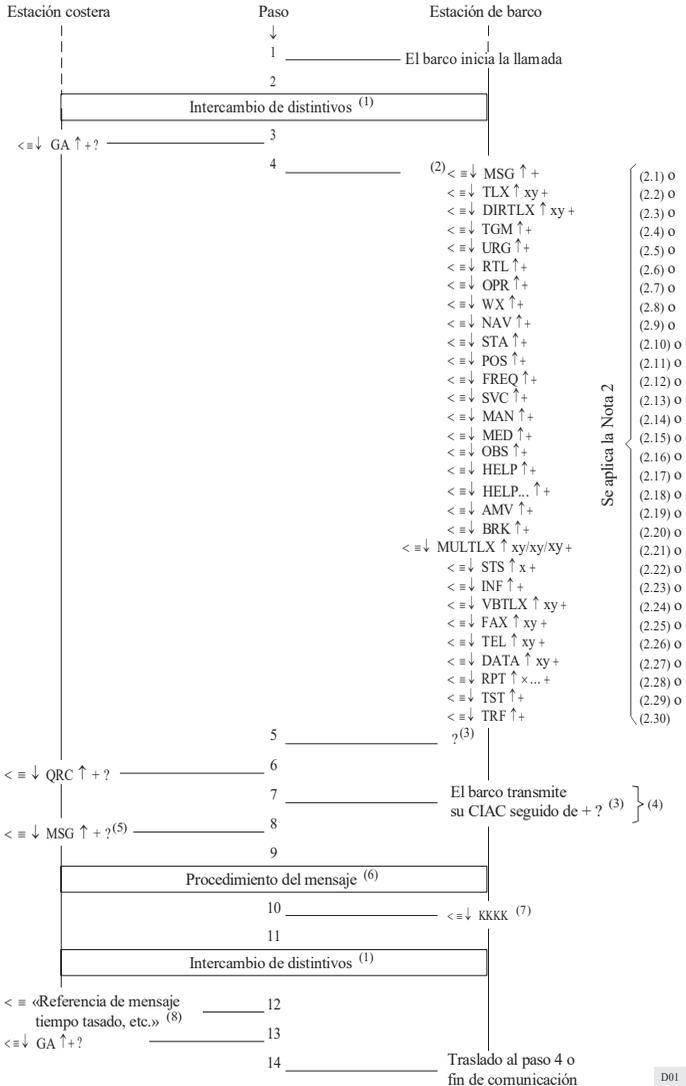
3.1 La Recomendación UIT-R M.625 contiene disposiciones para el funcionamiento automático con equipos que se ajustan a la Recomendación UIT-R M.476. Los criterios para determinar si una o ambas estaciones se ajustan a la Recomendación UIT-R M.476 son la longitud de la señal de llamada y la composición de los bloques de llamada.

3.2 Si ambas estaciones están equipadas con arreglo a la Recomendación UIT-R M.625 la identificación automática de la estación forma parte de los procedimientos de establecimiento automático de la llamada. Sin embargo, si una o ambas estaciones tienen equipos que se ajustan a la Recomendación UIT-R M.476, no se efectúa la identificación automática de la estación. Por este motivo, y dado que la Recomendación UIT-R M.625 prevé el uso de la identificación de nueve cifras del barco para la señal de llamada del equipo de impresión directa, conviene que todos los nuevos equipos se ajusten a dicha Recomendación UIT-R M.625 lo antes posible.

3.3 Con objeto de mantener una total compatibilidad con el gran número de equipos existentes, será necesario asignar a las nuevas estaciones no sólo el número de identificación de nueve cifras, sino también un número de identificación de cinco (o cuatro) cifras (es decir, señales de llamada de siete y cuatro señales). En las listas de estaciones de barco y de estaciones costeras deberían incluirse ambas señales.

APÉNDICE 1
AL ANEXO 1

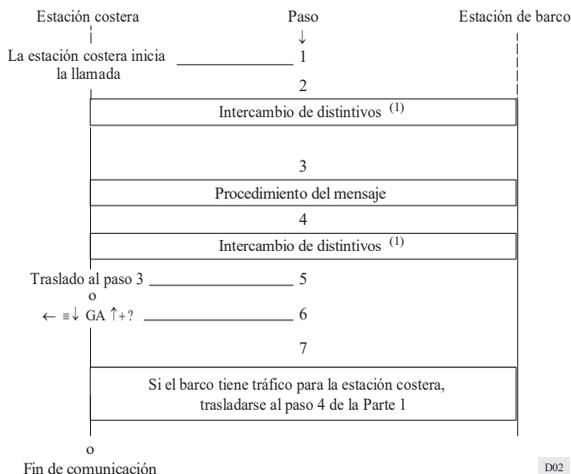
1 Procedimiento para establecer una llamada en la dirección barco a estación costera



D01

2 Procedimiento para establecer una llamada en la dirección estación costera a barco

La explotación en la dirección estación costera a barco tendrá que hacerse quizá en el modo de almacenamiento y retransmisión, ya que es posible que las condiciones de propagación no permitan establecer una llamada a la hora prevista.



D02

Notas relativas a los § 1 y 2:

- (1) a) En la explotación automática, la estación costera inicia y controla el intercambio de distintivos. En el caso de llamadas establecidas por una estación de barco, el intercambio de distintivos en explotación manual puede iniciarse por la estación de barco.
 Para llamadas establecidas por la estación costera el intercambio de distintivos, en explotación manual, se inicia por la estación costera, lo que define el orden en que tiene lugar el intercambio.
- b) El código de distintivo se define en las dos Recomendaciones siguientes: UIT-T F.130, para estaciones de barco y UIT-T F.60 para estaciones costeras.
- (2) No es necesario que una estación costera proporcione todas las facilidades indicadas. Sin embargo, en aquellos casos en que se proporcionen facilidades específicas deberán utilizarse los códigos de facilidad indicados. No obstante, la facilidad «HELP» debe encontrarse siempre disponible.
- (2.1) La secuencia MSG indica que la estación de barco necesita recibir inmediatamente cualquier mensaje retenido para ella en la estación costera.
- (2.2) La secuencia TLX ↑ xy, indica que el mensaje que sigue debe conectarse inmediatamente a una facilidad de almacenamiento y retransmisión situada en la estación costera.
 La señal «y» indica el número de télex nacional del abonado.
 La señal «x» se utiliza, cuando corresponda, para indicar el distintivo del país (Recomendación UIT-T F.69) precedido de 0 (cuando corresponda). (Cuando el sistema de almacenamiento y retransmisión está situado lejos de la estación costera, debe utilizarse TLX solamente).
 Con carácter opcional, podrá utilizarse TLXA en lugar de TLX para significar que el barco desea que se le notifique (mediante los procedimientos habituales en la dirección costa a barco) la entrega del mensaje al número de télex indicado.
- (2.3) La secuencia DIRT LX ↑ xy, indica que se requiere una conexión directa de télex.
 La señal «y» indica el número de télex nacional del abonado.
 La señal «x» se utiliza, cuando corresponda, para indicar el distintivo del país (Recomendación UIT-T F.69) precedido de 0 (cuando sea aplicable).
 Con carácter opcional, podrá utilizarse RDL + para indicar que debe marcarse de nuevo el último número de télex DIRT LX ↑ xy.
- (2.4) La secuencia TGM, indica que el mensaje que sigue es un radiotelegrama.

- (2.5) La secuencia URG, indica que la estación de barco necesita ser conectada inmediatamente a un operador manual y que puede activarse una alarma audible. Este código sólo deberá utilizarse en casos de emergencia.
- (2.6) La secuencia RTL, indica que el mensaje que sigue es una carta radiotélex.
- (2.7) La secuencia OPR, indica que se requiere la conexión con un operador manual.
- (2.8) La secuencia WX, indica que la estación de barco necesita recibir inmediatamente información meteorológica.
- (2.9) La secuencia NAV, indica que la estación de barco necesita recibir inmediatamente avisos a los navegantes.
- (2.10) La secuencia STA, indica que la estación de barco necesita recibir inmediatamente un informe sobre todos los mensajes de almacenamiento y retransmisión que se han cursado por esta estación de barco y de los cuales no ha recibido todavía ninguna información de retransmisión o de no entrega (véase ⁽⁶⁾). La secuencia STA ↑ x puede también utilizarse cuando la estación de barco necesite recibir inmediatamente un informe sobre la situación de un mensaje, indicando x la referencia del mensaje proporcionada por la estación costera.
- (2.11) La secuencia POS, indica que el mensaje que sigue contiene la posición del barco. Algunas administraciones utilizan esta información como ayuda en la transmisión o recepción automática subsiguiente de mensajes (por ejemplo para calcular la frecuencia óptima de tráfico, utilizar las antenas directivas apropiadas o para ambas cosas).
- (2.12) La secuencia FREQ, indica que en el mensaje que sigue figura la frecuencia en la cual el barco está a la escucha.
- (2.13) La secuencia SVC, indica que el mensaje que sigue es un mensaje de servicio (para la subsiguiente atención manual).
- (2.14) La secuencia MAN, indica que el mensaje que sigue debe almacenarse y retransmitirse manualmente a un país al cual no se puede acceder automáticamente.
- (2.15) La secuencia MED, indica que sigue un mensaje urgente de tipo médico.
- (2.16) La secuencia OBS, indica que el mensaje que sigue debe enviarse a la organización meteorológica.
- (2.17) La secuencia HELP, indica que la estación de barco necesita recibir inmediatamente una lista de las facilidades disponibles en el sistema.
- (2.18) Si se necesita información sobre la aplicación de procedimientos para determinadas facilidades en una estación costera, pueden obtenerse más detalles referentes al procedimiento específico mediante el código HELP seguido del código de facilidad apropiado para el que se necesita la información, por ejemplo: < ≡ ↓□HELP DIRTLX ↑ + indica que la estación de barco necesita información sobre los procedimientos (acción realizada por el operador de la estación de barco) para ordenar una conexión en modo diálogo con un abonado de la red télex a través de la estación costera.
- (2.19) La secuencia AMV, indica que el mensaje que sigue debe enviarse a la organización AMVER.
- (2.20) La secuencia BRK, indica que la utilización del trayecto radioeléctrico se va a interrumpir inmediatamente (para utilización en aquellos casos en que el operador de barco solamente puede utilizar un teletipos para controlar el equipo ARQ).
- (2.21) MULTLX ↑ xy/xy/xy + indica que el mensaje subsiguiente es un mensaje con varias direcciones para conexión inmediata con una facilidad de almacenamiento y retransmisión situada en la estación costera.
y, denota el número télex nacional de abonado.
x, se utiliza para denotar el indicativo de país, cuando éste sea necesario (Recomendación UIT-T F.69), precedido de 0 (en su caso).
Cada grupo xy indica uno de los números de télex a los que debe remitirse un mismo mensaje. Es necesario incluir al menos dos números de télex distintos.
Opcionalmente, puede utilizarse MULTLXA en lugar de MULTLX para significar que el barco desea que se le notifique (mediante los procedimientos normales en la dirección de costa a barco) la entrega de los mensajes en los números de télex indicados.
- (2.22) STS ↑ x + indica que el mensaje subsiguiente debe ser transmitido a un barco mediante una facilidad de almacenamiento y retransmisión situada en la estación costera. x denota el número de identificación (5 ó 9 cifras) del barco destinatario.
- (2.23) INF indica que la estación de barco necesita recibir inmediatamente información de la base de datos de la estación costera. Algunas administraciones proporcionan diversas informaciones de las almacenadas en una base de datos, en cuyo caso INF devuelve un listado de directorio y, a continuación, mediante un código de facilidad se elige la información deseada.
- (2.24) VBTLX ↑ xy indica que el mensaje subsiguiente debe ser dictado por la estación costera a un banco de datos vocales (mensajería vocal) para su posterior recuperación por el destinatario, remitiéndose además una copia del mensaje al número de télex xy. El número de teléfono dictado debe figurar en la primera línea del texto del mensaje.
- (2.25) FAX ↑ xy indica que el mensaje subsiguiente deberá ser remitido por facsímil, a través de la RTPC, al número de teléfono xy.
- (2.26) TEL ↑ xy indica que el mensaje subsiguiente debe ser enviado por teléfono por la estación costera al número de teléfono xy.
- (2.27) DATA ↑ xy indica que el mensaje subsiguiente debe ser remitido por la estación costera utilizando las facilidades de datos al número de abonado xy (a través de la RTPC).
- (2.28) RTP ↑ x... indica que el barco necesita recibir, utilizando el modo ARQ, un mensaje identificado concreto (por ejemplo, el mensaje anterior transmitido en el modo FEC). Si está todavía disponible para la retransmisión automática x... se utiliza como identificador del mensaje.
- (2.29) TST indica que el barco necesita recibir un texto de prueba transmitido automáticamente (por ejemplo: «The quick brown fox ...»).

- (2.30) TRF indica que el barco necesita recibir información, transmitida automáticamente, relativa a las tarifas aplicables actualmente a la estación costera.
- (3) El signo de interrogación «?» no es necesario cuando la estación costera es automática. Sólo se requiere normalmente para los sistemas manuales.
- (4) En los casos en que la estación costera requiere información sobre el «código de identificación de la autoridad encargada de la contabilidad» (CIAC) correspondiente, el operador del barco debe suministrar esta información al recibir la combinación <≡↓ QRC ↑ + de la estación costera.
Puede que algunas estaciones costeras requieran información adicional, por ejemplo, el nombre del barco, el distintivo de llamada, etc.
- (5) Esta secuencia, cuando sea necesario, puede ir precedida de interrupciones prioritarias adecuadas o información sobre la selección de facilidad y, si es apropiado, cualquier respuesta consiguiente por parte de la estación de barco o puede ser suprimida si no es aplicable (por ejemplo, cuando a la entrada del paso 4 se aplican los códigos de facilidad WX, NAV, STA, MSG o HELP). Cuando a la entrada del paso 4 se aplica el código de facilidad DIRTLX ↑ xy puede sustituirse esta secuencia por el indicativo del colateral o por cualquier señal de servicio (por ejemplo, NC, OCC, etc.) recibida de la red télex.
- (6) Los procedimientos de mensaje dependen de la facilidad utilizada:
Para la secuencia TLX, si el sistema de almacenamiento y retransmisión está situado a distancia de la estación costera, puede aplicarse la Recomendación UIT-T F.72. Cuando el sistema de almacenamiento y retransmisión está situado en la estación costera se transmitirá al abonado cuyo número télex viene dado por xy, el contenido completo de información del mensaje enviado en este paso.
Para la secuencia DIRTLX, véase la Recomendación UIT-T F.60.
Para la secuencia TGM, véanse las Recomendaciones UIT-T F.1 y UIT-T F.31.
Para las secuencias SVC y MED, el mensaje será normalmente de texto claro y no se requiere ningún procedimiento de mensaje específico.
Para la secuencia RTL, el mensaje será de texto claro pero incluirá la dirección postal del destinatario.
Para la secuencia STA, se devuelve a la estación de barco la información apropiada de conformidad con los § 11.3 y 11.4 de la Recomendación UIT-T F.72.
Para las secuencias POS y FREQ, pueden aplicarse procedimientos nacionales específicos.
- (7) Esta secuencia de 4 letras K «KKKK» (4 señales de la combinación N.º 11 con «inversión letras») indica que debería liberarse cualquier conexión de red pero mantenerse el trayecto radioeléctrico y que el procedimiento irá directamente a la etapa 11. Esta secuencia puede usarse en cualquier momento del procedimiento en cuyo caso dicho procedimiento vuelve a la etapa 3.
- (8) Esta etapa es facultativa y puede no aplicarse a todas las facilidades.

RECOMENDACIÓN UIT-R P.525-4

Cálculo de la atenuación en el espacio libre

(1978-1982-1994-2016-2019)

Cometido

En la Recomendación UIT-R P.525 se facilitan métodos para calcular la atenuación en el espacio libre.

Palabras clave

Atenuación, enlaces de telecomunicaciones, espacio libre.

La Asamblea de Radiocomunicaciones de la UIT,

considerando

que la propagación en el espacio libre es una referencia fundamental en ingeniería radioeléctrica,

recomienda

que se utilicen los métodos que figuran en el Anexo para el cálculo de la atenuación en el espacio libre.

Anexo**1 Introducción**

A los efectos de las radiocomunicaciones, el espacio libre se define como un vacío perfecto que puede considerarse infinito en todas las direcciones. En ese sentido, la propagación en el espacio libre es la propagación de una onda radioeléctrica radiada en el espacio libre¹.

Como en otros textos se suele tomar como referencia la propagación en el espacio libre, en este anexo se presentan las fórmulas pertinentes.

2 Fórmulas fundamentales para enlaces de telecomunicación

La propagación en el espacio libre puede calcularse de diversas maneras, cada una de las cuales se adapta a un tipo particular de servicio.

¹ El vocabulario electrotécnico (electropedia) de la Organización Internacional de Normalización recoge una definición más general:

Propagación en el espacio libre: propagación de una onda electromagnética en un medio dieléctrico ideal homogéneo que puede considerarse infinito en todas las direcciones.

NOTA – Para la propagación en el espacio libre, la magnitud de cada vector del campo electromagnético en cualquier dirección dada a partir de la fuente es proporcionalmente inversa a la distancia desde la fuente más allá de una distancia apropiada determinada por el tamaño de la fuente y la longitud de onda.

2.1 Enlaces punto a zona

En el caso de un solo transmisor que dé servicio a varios receptores distribuidos al azar (radiodifusión, servicio móvil), se calcula el campo eléctrico en un punto situado a una cierta distancia del transmisor mediante la relación siguiente:

$$e = \frac{\sqrt{30p}}{d} \quad (1)$$

donde:

- e : intensidad de campo eficaz (V/m) (véase la Nota 1)
- p : potencia isotrópica radiada equivalente (p.i.r.e.) del transmisor en la dirección del punto considerado (W) (véase la Nota 2)
- d : distancia del transmisor al punto considerado (m).

Se sustituye a menudo la ecuación (1) por la ecuación (2), en la que se emplean unidades prácticas:

$$e_{mV/m} = 173 \frac{\sqrt{p_{kW}}}{d_{km}} \quad (2)$$

donde:

- $e_{mV/m}$: r.m.s. de intensidad de campo (mV/m)
- p_{kW} : potencia isotrópica radiada equivalente (p.i.r.e.) del transmisor en la dirección del punto en cuestión (kW)
- d_{km} : distancia desde el transmisor hasta el punto en cuestión (km).

Para las antenas que funcionan en condiciones de propagación en el espacio libre, la fuerza cimomotriz puede obtenerse multiplicando e por d en la ecuación (1), y su dimensión corresponde a la de una tensión.

NOTA 1 – Si la onda es de polarización elíptica y no rectilínea, y se designan por e_x y e_y los componentes del campo eléctrico que siguen dos ejes ortogonales, el primer miembro de la ecuación (1) debe sustituirse por $\sqrt{e_x^2 + e_y^2}$. Sólo puede deducirse e_x y e_y si se conoce la relación de elipticidad. En el caso de una polarización circular se debería sustituir e por $e\sqrt{2}$.

NOTA 2 – En el caso de antenas situadas en la superficie del suelo (típicamente con frecuencias relativamente bajas) con polarización vertical, sólo se considera en general la radiación en el semiespacio superior. Cuando se asume que el suelo es plano y perfectamente conductor, la densidad de flujo de potencia para un determinada potencia radiada se duplica, en comparación con una antena en el espacio libre. (Alternativamente, al considerar potencias de campo, la potencia de campo se incrementa de manera similar en 3 dB). Debe tenerse en cuenta este hecho para determinar la potencia radiada (y ya se incluye en las Recomendaciones UIT-R P.368 y UIT-R P.341, Anexo 3).

2.2 Enlaces punto a punto

Cuando se trata de un enlace punto a punto, es preferible calcular la atenuación en el espacio libre entre antenas isotrópicas, denominada también pérdida básica de transmisión en el espacio libre (símbolos: L_{bf} o A_{bf}) de la manera siguiente (véase la Recomendación UIT-R P.341):

$$L_{bf} = 20 \log \left(\frac{4\pi d}{\lambda} \right) \quad \text{dB} \quad (3)$$

donde:

L_{bf} : pérdida básica de transmisión en el espacio libre (dB)

d : distancia

λ : longitud de onda

d y λ se expresan en las mismas unidades.

La ecuación (3) puede también escribirse en función de la frecuencia en vez de la longitud de onda:

$$L_{bf} = 32,4 + 20 \log f + 20 \log d \quad \text{dB} \quad (4)$$

donde:

f : frecuencia (MHz)

d : distancia (km).

2.3 Relaciones entre las características de una onda plana

Existen, además, relaciones entre las características de una onda plana (o de una onda asimilable a la onda plana) en un punto:

$$s = \frac{e^2}{120\pi} = \frac{4\pi p_r}{\lambda^2} \quad (5)$$

donde:

s : densidad del flujo de potencia (W/m²)

e : intensidad de campo eficaz (V/m)

p_r : potencia disponible en una antena isótropa situada en este punto (W)

λ : longitud de onda (m).

3 Pérdida básica de transmisión en el espacio libre en los sistemas de radar (símbolos: L_{br} o A_{br})

Los sistemas de radar constituyen un caso especial en cuanto que su señal sufre una pérdida al propagarse, tanto desde el transmisor hasta el blanco como desde éste hasta el receptor. En el caso de los radares dotados de una antena común para la transmisión y la recepción, la pérdida básica de transmisión en el espacio libre, L_{br} , puede expresarse como sigue:

$$L_{br} = 103,4 + 20 \log f + 40 \log d - 10 \log \sigma \quad \text{dB} \quad (6)$$

donde:

σ : sección transversal del blanco del radar (m²)

d : distancia del radar al blanco (km)

f : frecuencia del sistema (MHz).

La sección transversal del blanco del radar para un objeto es la relación entre la potencia total dispersada isotrópicamente equivalente y la densidad de potencia incidente.

4 Fórmulas de conversión

Sobre la base de la propagación en el espacio libre, se pueden utilizar las fórmulas de conversión siguientes:

Intensidad de campo para una onda dada transmitida isotrópicamente:

$$E = P_t - 20 \log d + 74,8 \quad (7)$$

Potencia disponible recibida a través de una antena receptora isotrópica con adaptación conjugada para una determinada intensidad de campo:

$$P_r = E - 20 \log f - 167,2 \quad (8)$$

Pérdida de transmisión básica en el espacio libre para una potencia e intensidad de campo dadas transmitidas isotrópicamente:

$$L_{bf} = P_t - E + 20 \log f + 167,2 \quad (9)$$

Densidad de flujo de potencia para una intensidad de campo dada:

$$S = E - 145,8 \quad (10)$$

donde:

P_t : potencia transmitida isotrópicamente (dB(W))

P_r : potencia disponible recibida a través de una antena con adaptación conjugada (dB(W))

E : intensidad de campo eléctrico (dB(μ V/m))

f : frecuencia (GHz)

d : longitud del trayecto radioeléctrico (km)

L_{bf} : pérdida básica de transmisión en el espacio libre (dB)

S : densidad del flujo de potencia (dB(W/m²)).

Téngase presente que se pueden utilizar las ecuaciones (7) y (9) para derivar la ecuación (4).

RECOMENDACIÓN UIT-R P.526-15

Propagación por difracción

(Cuestión UIT-R 202/3)

(1978-1982-1992-1994-1995-1997-1999-2001-2003-2005-2007-2009-2012-2013-2018-2019)

Cometido

La presente Recomendación presenta varios modelos para que el lector evalúe el efecto de la difracción en la intensidad de campo recibida. Los modelos se aplican a diferentes tipos de obstáculos y a diversas geometrías de trayecto.

Palabras clave

Abertura, difracción, filo de cuchillo, obstáculos, pantalla, terreno irregular

La Asamblea de Radiocomunicaciones de la UIT,

considerando

que es necesario proporcionar información técnica para el cálculo de las intensidades de campo sobre los trayectos de propagación por difracción,

recomienda

que se utilicen los métodos descritos en el Anexo 1 para el cálculo de las intensidades de campo en trayectos de propagación por difracción, que pueden corresponder a la superficie de una Tierra esférica o a terrenos irregulares con diferentes tipos de obstáculos.

Índice

	<i>Página</i>
Anexo 1	3
1 Introducción.....	3
2 Conceptos básicos	3
2.1 Elipsoides de Fresnel y zonas de Fresnel	3
2.2 Anchura de penumbra.....	4
2.3 Zona de difracción	4
2.4 Criterio de rugosidad de la superficie del obstáculo.....	4
2.5 Obstáculo aislado.....	5
2.6 Tipos de terreno	5
2.7 Integrales de Fresnel.....	5
3 Difracción en una Tierra esférica	6
3.1 Pérdidas por difracción en trayectos transhorizonte.....	7
3.2 Pérdidas de difracción para cualquier distancia a 10 MHz y frecuencias superiores.....	16
4 Difracción sobre obstáculos aislados o sobre un trayecto terrenal general	17
4.1 Obstáculo único en arista en filo de cuchillo.....	18
4.2 Obstáculo único de forma redondeada	21
4.3 Dos aristas aisladas	22
4.4 Cilindros múltiples aislados.....	24
4.5 Método para un trayecto terrenal general	27
5 Difracción debida a pantallas delgadas	31
5.1 Pantalla de anchura finita.....	32
5.2 Difracción debida a aberturas rectangulares y aberturas o pantallas compuestas	32
6 Difracción debida a una cuña de conductividad finita	36
7 Guía sobre la propagación por difracción.....	40
Adjunto 1 al Anexo 1 – Cálculo de los parámetros del cilindro	42
1 Ángulo de difracción y posición del vértice.....	42
2 Parámetros del cilindro	43
Adjunto 2 al Anexo 1 – Pérdidas por difracción en el subtrayecto.....	44
1 Introducción.....	44
2 Método.....	44

Anexo 1

1 Introducción

Aunque la difracción se produce únicamente por la superficie del suelo u otros obstáculos, para evaluar los parámetros geométricos situados en el plano vertical del trayecto (ángulo de difracción, radio de curvatura, altura del obstáculo) ha de tenerse en cuenta la refracción media de la atmósfera en el trayecto. Para ello, se traza el perfil del trayecto con el radio ficticio de la Tierra que convenga (Recomendación UIT-R P.834). De no disponerse de otras indicaciones, se puede tomar un radio ficticio de la Tierra de 8 500 km.

2 Conceptos básicos

La difracción de las ondas radioeléctricas sobre la superficie de la Tierra se ve afectada por las irregularidades del terreno. En este contexto, antes de abordar en detalle los métodos de predicción utilizados para este mecanismo de propagación, se definen en este punto algunos conceptos básicos.

2.1 Elipsoides de Fresnel y zonas de Fresnel

Al estudiar la propagación de las ondas radioeléctricas entre dos puntos A y B, el espacio correspondiente puede subdividirse en una familia de elipsoides, llamados elipsoides de Fresnel, todos con sus focos en los puntos A y B, de manera que cualquier punto M de uno de esos elipsoides satisface la relación:

$$AM + MB = AB + n \frac{\lambda}{2} \quad (1)$$

donde n es un número entero que caracteriza el elipsoide correspondiente, $n = 1$ corresponde al primer elipsoide de Fresnel, etc., y λ es la longitud de onda.

A efectos prácticos se considera que la propagación se efectúa con visibilidad directa, es decir, con fenómenos de difracción despreciables, si no existe ningún obstáculo dentro del primer elipsoide de Fresnel.

El radio de un elipsoide, en un punto situado entre el transmisor y el receptor, puede tener un valor aproximado, en unidades coherentes, de:

$$R_n = \left[\frac{n \lambda d_1 d_2}{d_1 + d_2} \right]^{1/2} \quad (2)$$

o, en unidades prácticas:

$$R_n = 550 \left[\frac{n d_1 d_2}{(d_1 + d_2) f} \right]^{1/2} \quad (3)$$

donde f es la frecuencia (MHz) y d_1 y d_2 son las distancias (km) desde el transmisor y desde el receptor al punto en que se evalúa el radio (m) del elipsoide.

Para ciertos problemas hay que tener en cuenta las zonas de Fresnel, que son las zonas obtenidas tomando la intersección de una familia de elipsoides con un plano. La zona de orden n es la parte comprendida entre las curvas obtenidas con los elipsoides n y $n - 1$, respectivamente.

2.2 Anchura de penumbra

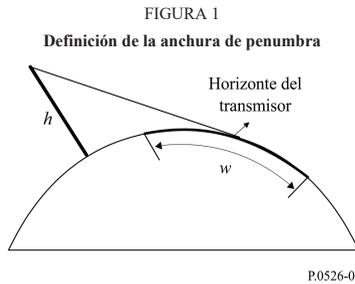
La transición de la luz a la sombra define la región de penumbra. Esta transición se produce a lo largo de la franja estrecha (anchura de penumbra) en el límite de la sombra geométrica. En la Fig. 1 se ilustra la anchura de penumbra (w) en el caso de un transmisor ubicado a una altura h sobre la superficie lisa de la Tierra esférica, que viene dada por la fórmula:

$$w = \left[\frac{\lambda a_e^2}{\pi} \right]^{1/3} \text{ m} \quad (4)$$

donde:

λ : longitud de onda (m)

a_e : radio ficticio de la Tierra (m)



2.3 Zona de difracción

La zona de difracción de un transmisor se extiende desde la distancia con visibilidad directa (LoS) en la que el trayecto libre de obstáculos es igual al 60% del radio de la primera zona de Fresnel, (R_1), hasta una distancia más allá del horizonte del transmisor en la que predomina el mecanismo de dispersión troposférica.

2.4 Criterio de rugosidad de la superficie del obstáculo

Si la superficie del obstáculo tiene irregularidades que no rebasan el valor Δh ,

siendo:

$$\Delta h = 0,04 \left[R\lambda^2 \right]^{1/3} \text{ m} \quad (5)$$

donde:

R : radio de curvatura del obstáculo (m)

λ : longitud de onda (m);

entonces se puede considerar que es un obstáculo de superficie lisa y la atenuación se puede calcular utilizando los métodos descritos en los § 3 y 4.2.

2.5 Obstáculo aislado

Un obstáculo puede considerarse aislado si no existe interacción entre dicho obstáculo y el terreno circundante. Dicho de otra manera, la atenuación del trayecto se debe únicamente al obstáculo y el terreno que lo rodea no contribuye a dicha atenuación. Deben cumplirse las siguientes condiciones:

- no debe haber solapamiento entre las anchuras de penumbra de cada terminal y la parte superior del obstáculo;
- el trayecto libre de obstáculos a ambos lados de los mismos debe ser, al menos, de un valor de 0,6 del radio de la primera zona de Fresnel;
- no se produce reflexión especular en ninguno de los dos lados del obstáculo.

2.6 Tipos de terreno

Dependiendo del valor numérico del parámetro Δh (véase la Recomendación UIT-R P.310) utilizado para calcular el grado de irregularidades del terreno, pueden distinguirse tres tipos de terrenos:

a) *Terreno liso*

La superficie de la Tierra puede considerarse lisa si las irregularidades del terreno son del orden de $0,1R$ o inferiores a ese valor, donde R corresponde al máximo valor del radio de la primera zona de Fresnel en el trayecto de propagación. En este caso, el modelo de predicción se basa en la difracción sobre Tierra esférica (§ 3).

b) *Obstáculos aislados*

El perfil del terreno del trayecto de propagación está compuesto de uno o más obstáculos aislados. En este caso, dependiendo de la idealización utilizada para caracterizar los obstáculos que aparecen en el trayecto de propagación, deben utilizarse los modelos de predicción descritos en el § 4.

c) *Terreno ondulante*

El perfil está compuesto de varias colinas pequeñas, ninguna de las cuales representa un obstáculo mayor. En esta gama de frecuencias, la Recomendación UIT-R P.1546 es la más adecuada para predecir la intensidad de campo pero no sirve como método de difracción.

2.7 Integrales de Fresnel

La integral compleja de Fresnel se expresa como sigue:

$$F_c(v) = \int_0^v \exp\left(j \frac{\pi s^2}{2}\right) ds = C(v) + jS(v) \tag{6}$$

donde j es el operador complejo que equivale a $\sqrt{-1}$, y $C(v)$ y $S(v)$ corresponden a las integrales del coseno y seno de Fresnel definidas por la ecuación:

$$C(v) = \int_0^v \cos\left(\frac{\pi s^2}{2}\right) ds \tag{7a}$$

$$S(v) = \int_0^v \sen\left(\frac{\pi s^2}{2}\right) ds \tag{7b}$$

La integral compleja de Fresnel $F_c(v)$ puede calcularse mediante integración numérica, o mediante las siguientes expresiones, que en la mayoría de los casos proporcionan precisión suficiente para valores positivos de v :

$$F_c(v) = \exp(jx) \sqrt{\frac{x}{4}} \sum_{n=0}^{11} \left[(a_n - jb_n) \left(\frac{x}{4} \right)^n \right] \quad \text{para } 0 \leq x < 4 \quad (8a)$$

$$F_c(v) = \left(\frac{1+j}{2} \right) + \exp(jx) \sqrt{\frac{4}{x}} \sum_{n=0}^{11} \left[(c_n - jd_n) \left(\frac{4}{x} \right)^n \right] \quad \text{para } x \geq 4 \quad (8b)$$

donde:

$$x = 0,5 \pi v^2 \quad (9)$$

y a_n , b_n , c_n y d_n son los coeficientes Boersma que figuran a continuación:

$a_0 = +1,595769140$	$b_0 = -0,000000033$	$c_0 = +0,000000000$	$d_0 = +0,199471140$
$a_1 = -0,000001702$	$b_1 = +4,255387524$	$c_1 = -0,024933975$	$d_1 = +0,000000023$
$a_2 = -6,808568854$	$b_2 = -0,000092810$	$c_2 = +0,000003936$	$d_2 = -0,009351341$
$a_3 = -0,000576361$	$b_3 = -7,780020400$	$c_3 = +0,005770956$	$d_3 = +0,000023006$
$a_4 = +6,920691902$	$b_4 = -0,009520895$	$c_4 = +0,000689892$	$d_4 = +0,004851466$
$a_5 = -0,016898657$	$b_5 = +5,075161298$	$c_5 = -0,009497136$	$d_5 = +0,001903218$
$a_6 = -3,050485660$	$b_6 = -0,138341947$	$c_6 = +0,011948809$	$d_6 = -0,017122914$
$a_7 = -0,075752419$	$b_7 = -1,363729124$	$c_7 = -0,006748873$	$d_7 = +0,029064067$
$a_8 = +0,850663781$	$b_8 = -0,403349276$	$c_8 = +0,000246420$	$d_8 = -0,027928955$
$a_9 = -0,025639041$	$b_9 = +0,702222016$	$c_9 = +0,002102967$	$d_9 = +0,016497308$
$a_{10} = -0,150230960$	$b_{10} = -0,216195929$	$c_{10} = -0,001217930$	$d_{10} = -0,005598515$
$a_{11} = +0,034404779$	$b_{11} = +0,019547031$	$c_{11} = +0,000233939$	$d_{11} = +0,000838386$

$C(v)$ y $S(v)$ pueden calcularse para valores negativos de v observando que:

$$C(-v) = -C(v) \quad (10a)$$

$$S(-v) = -S(v) \quad (10b)$$

3 Difracción en una Tierra esférica

La pérdida adicional de transmisión debida a la difracción en una Tierra esférica puede calcularse por la fórmula clásica de la serie de residuos. Un programa informático (el GRWAVE) disponible en la UIT proporciona el método completo. En la Recomendación UIT-R P.368 figura un subconjunto de los resultados de este programa (para el caso de antenas situadas cerca del suelo y a las frecuencias más bajas).

Los puntos siguientes describen los métodos numérico y por monograma que pueden utilizarse para frecuencias de 10 MHz y superiores. En el caso de frecuencias inferiores a 10 MHz, debe emplearse siempre el programa GRWAVE. El § 3.1 indica métodos para trayectos transhorizonte. El § 3.1.1 describe un método numérico. El § 3.1.2 presenta un método mediante nomogramas. El § 3.2 es un método aplicable al caso de tierra lisa para cualquier distancia y para frecuencias de 10 MHz y superiores. Utiliza el método numérico del § 3.1.1.

3.1 Pérdidas por difracción en trayectos transhorizonte

Para largas distancias transhorizonte, sólo es importante el primer término de esa serie de residuos. Incluso cerca o sobre el horizonte, puede utilizarse esta aproximación con un máximo margen de error de unos 2 dB en la mayoría de los casos.

El primer término de esa serie puede expresarse como el producto de un término de distancia, F , y dos términos de ganancia de altura, G_T y G_R . En 3.1.1 y 3.1.2 se describe cómo pueden obtenerse estos términos a partir de fórmulas sencillas o de nomogramas.

3.1.1 Cálculos numéricos

3.1.1.1 Influencia de las características eléctricas de la superficie de la Tierra

El grado en que las características eléctricas de la superficie de la Tierra influyen en la pérdida por difracción puede determinarse calculando un factor normalizado de admitancia de superficie K , obtenido por las siguientes fórmulas.

En unidades coherentes:

$$K_H = \left(\frac{2\pi a_e}{\lambda} \right)^{-1/3} \left[(\varepsilon - 1)^2 + (60 \lambda \sigma)^2 \right]^{-1/4} \quad \text{para polarización horizontal} \quad (11)$$

y

$$K_V = K_H \left[\varepsilon^2 + (60 \lambda \sigma)^2 \right]^{1/2} \quad \text{para polarización vertical} \quad (12)$$

o, en unidades prácticas:

$$K_H = 0,36 (a_e f)^{-1/3} \left[(\varepsilon - 1)^2 + (18\,000 \sigma / f)^2 \right]^{-1/4} \quad (11a)$$

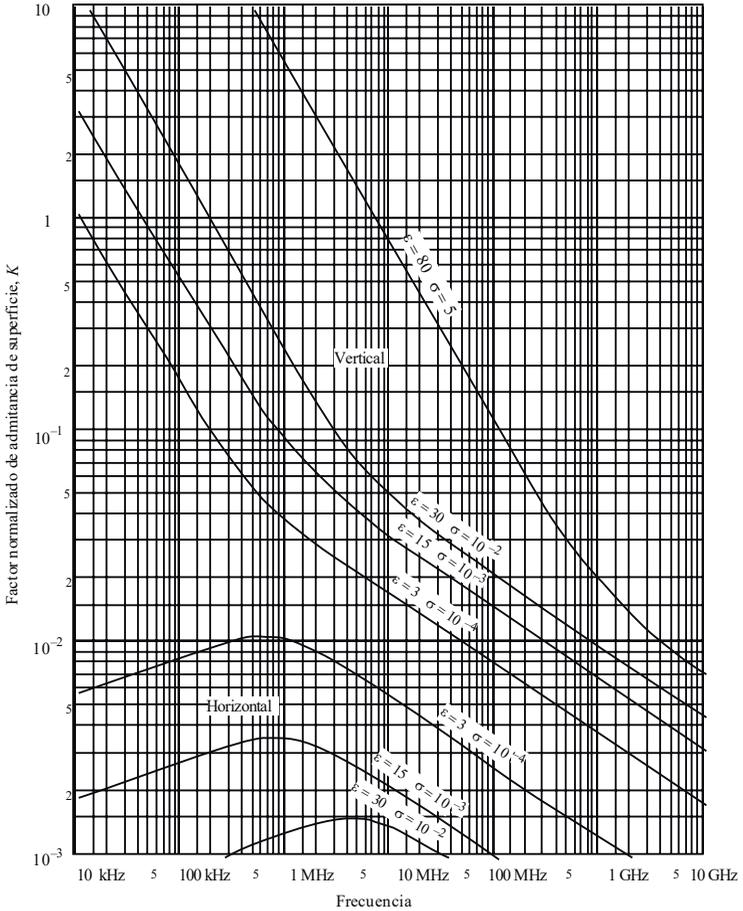
$$K_V = K_H \left[\varepsilon^2 + (18\,000 \sigma / f)^2 \right]^{1/2} \quad (12a)$$

donde:

- a_e : radio ficticio de la Tierra (km)
- ε : permitividad relativa efectiva
- σ : conductividad efectiva (S/m)
- f : frecuencia (MHz).

En la Fig. 2 se muestran valores típicos de K .

FIGURA 2
Cálculo de K



P0526-02

Si K es menor de 0,001, las características eléctricas de la Tierra no revisten importancia. Para valores de K mayores de 0,001 e inferiores a 1, pueden utilizarse las fórmulas adecuadas que aparecen en el § 3.1.1.2. Cuando K tiene un valor superior a aproximadamente 1, la intensidad de campo producida por difracción calculada utilizando el método del § 3.1.1.2 difiere de los resultados obtenidos con el programa informático GRWAVE y la diferencia crece rápidamente a medida que aumenta el valor de K . El citado programa GRWAVE debe utilizarse para valores de K superiores a 1. Ello sucede únicamente en el caso de polarización vertical, a frecuencias por debajo de 10 MHz sobre el mar o por debajo de 200 kHz sobre tierra. En el resto de los casos es válido el método del § 3.1.1.2.

3.1.1.2 Fórmulas de la intensidad de campo producida por difracción

El valor relativo de la intensidad de campo por difracción, E , con respecto a la intensidad de campo en el espacio libre, E_0 , viene dado por la fórmula siguiente:

$$20 \log \frac{E}{E_0} = F(X) + G(Y_1) + G(Y_2) \quad \text{dB} \quad (13)$$

donde X es la longitud normalizada del trayecto entre las antenas de alturas normalizadas Y_1 e Y_2 (y donde $20 \log \frac{E}{E_0}$ es generalmente negativa).

En unidades coherentes:

$$X = \beta \left(\frac{\pi}{\lambda a_e^2} \right)^{1/3} d \quad (14)$$

$$Y = 2\beta \left(\frac{\pi^2}{\lambda^2 a_e} \right)^{1/3} h \quad (15)$$

o, en unidades prácticas:

$$X = 2,188 \beta f^{1/3} a_e^{-2/3} d \quad (14a)$$

$$Y = 9,575 \times 10^{-3} \beta f^{2/3} a_e^{-1/3} h \quad (15a)$$

donde:

- d : longitud del trayecto (km)
- a_e : radio ficticio de la Tierra (km)
- h : altura de la antena (m)
- f : frecuencia (MHz).

β es un parámetro que tiene en cuenta la naturaleza del suelo y la polarización. Está relacionado con K por la siguiente fórmula semiempírica:

$$\beta = \frac{1 + 1,6 K^2 + 0,67 K^4}{1 + 4,5 K^2 + 1,53 K^4} \quad (16)$$

Con polarización horizontal en todas las frecuencias y con polarización vertical por encima de 20 MHz sobre tierra o de 300 MHz sobre el mar, se puede considerar que β es igual a uno.

Con polarización vertical por debajo de 20 MHz sobre tierra o de 300 MHz sobre el mar, hay que calcular β en función de K . En cambio, cabe entonces prescindir de ϵ y escribir:

$$K^2 \approx 6,89 \frac{\sigma}{k^{2/3} f^{5/3}} \quad (16a)$$

donde σ se expresa en S/m, f (MHz), y k es el factor multiplicador del radio terrestre.

El término de distancia viene dado por las fórmulas:

$$F(X) = 11 + \log(X) - 17,6 X \quad \text{para } X \geq 1,6 \quad (17a)$$

$$F(X) = -20 \log(X) - 5,6488X^{1,425} \quad \text{para } X < 1,6 \quad (17b)$$

El término de ganancia de altura de la antena, $G(Y)$, viene dado por las siguientes fórmulas:

$$G(Y) \cong 17,6(B - 1,1)^{1/2} - 5 \log(B - 1,1) - 8 \quad \text{para } B > 2 \quad (18)$$

$$G(Y) \cong 20 \log(B + 0,1B^3) \quad \text{para } B \leq 2 \quad (18a)$$

Si $G(Y) < 2 + 20 \log K$, se fija $G(Y)$ al valor $2 + 20 \log K$.

En las ecuaciones anteriores:

$$B = \beta Y \quad (18b)$$

La precisión de la intensidad de campo producida por difracción que da la ecuación (13) viene limitada por la aproximación inherente que supone utilizar únicamente el primer término de las series residuales. La ecuación (13) presenta una precisión mejor de 2 dB para valores de X , Y_1 e Y_2 que están limitados por la fórmula:

$$X - (\beta Y_1)^{1/2} \Delta(Y_1, K) - (\beta Y_2)^{1/2} \Delta(Y_2, K) > X_{lim} \quad (19)$$

donde:

$$X_{lim} = 1,096 - 1,280 (1 - \beta) \quad (19a)$$

$$\Delta(T, K) = (Y, 0) + 1,779 (1 - \beta) [\Delta(Y, \infty) - \Delta(Y, 0)] \quad (19b)$$

$\Delta(Y, 0)$ y $\Delta(Y, \infty)$ vienen dados por:

$$\Delta(Y, 0) = 0,5 \left[1 + \operatorname{tgn} \left(\frac{0,5 \log(\beta Y) - 0,255}{0,3} \right) \right] \quad (19c)$$

$$\Delta(Y, \infty) = 0,5 \left[1 + \operatorname{tgn} \left(\frac{0,5 \log(\beta Y) - 0,255}{0,25} \right) \right] \quad (19d)$$

En consecuencia, la mínima distancia d_{min} para la cual es válida (13) viene dada por la expresión:

$$X_{min} = X_{lim} + (\beta Y_1)^{1/2} \Delta(Y_1, K) + (\beta Y_2)^{1/2} \Delta(Y_2, K) \quad (19e)$$

y d_{min} se obtiene a partir de X_{min} utilizando la ecuación (14a).

3.1.2 Cálculo mediante nomogramas

Para las mismas condiciones de aproximación (el primer término de la serie de residuos es dominante), los cálculos pueden hacerse utilizando la siguiente fórmula:

$$20 \log \frac{E}{E_0} = F(d) + H(h_1) + H(h_2) \quad \text{dB} \quad (20)$$

donde:

- E*: intensidad del campo recibido
- E*₀: intensidad de campo en el espacio libre, a la misma distancia
- d*: distancia entre los extremos del trayecto
- h*₁ y *h*₂: altura de las antenas sobre la superficie de la tierra esférica.

Las funciones *F* (influencia de la distancia) y *H* (ganancia de altura) están representadas por nomogramas en las Figs. 3, 4, 5 y 6.

Estos nomogramas (Figs. 3 a 6) dan directamente el nivel recibido con relación al nivel del espacio libre, para $k = 1$ y $k = 4/3$, y frecuencias superiores a 30 MHz aproximadamente. *k* es el factor del radio ficticio de la Tierra, definido en la Recomendación UIT-R P.310. Sin embargo, el nivel recibido para otros valores de *k* debe calcularse utilizando la escala de frecuencias para $k = 1$, pero reemplazando la frecuencia en cuestión por una frecuencia hipotética igual a f/k^2 , para las Figs. 3 y 5, y a f/\sqrt{k} , para las Figs. 4 y 6.

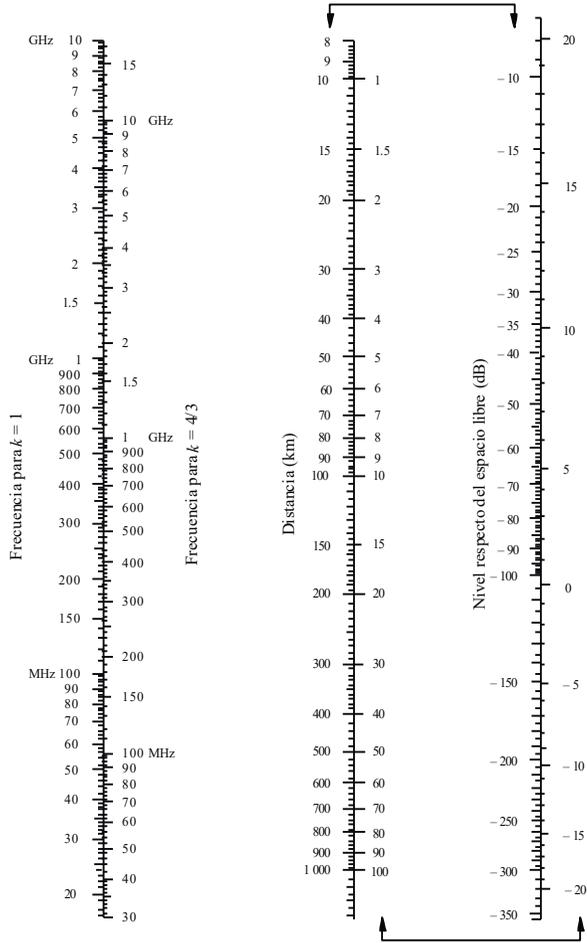
Muy cerca del suelo, la intensidad de campo es prácticamente independiente de la altura. Este fenómeno es particularmente importante para polarización vertical sobre el mar. Por esta razón, la Fig. 6 incluye una línea vertical AB de trazo grueso en negro. Si la línea recta cortara la línea AB, la altura real debería ser reemplazada por un valor mayor, tal que la línea recta pase por el extremo superior de la línea A.

NOTA 1 – Si se desea obtener la atenuación con relación al espacio libre, debe tomarse el valor opuesto en signo de la ecuación (20). Si la ecuación (20) indica un valor superior al de la intensidad de campo en el espacio libre, el método no es válido.

NOTA 2 – El efecto de la línea AB se incluye en el método numérico indicado en el § 3.1.1

FIGURA 3

Difracción en una Tierra esférica – Efecto de la distancia

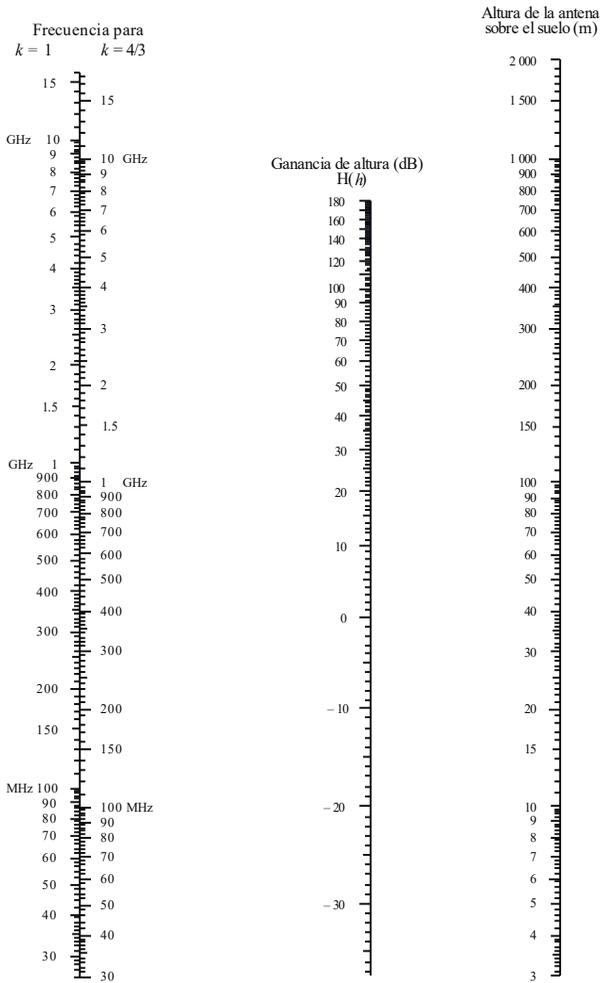


Polarización horizontal sobre tierra y mar
 Polarización vertical sobre tierra

(Las escalas unidas por flechas han de utilizarse conjuntamente)

P.0526-03

FIGURA 4
Difracción en una Tierra esférica – Ganancia de altura

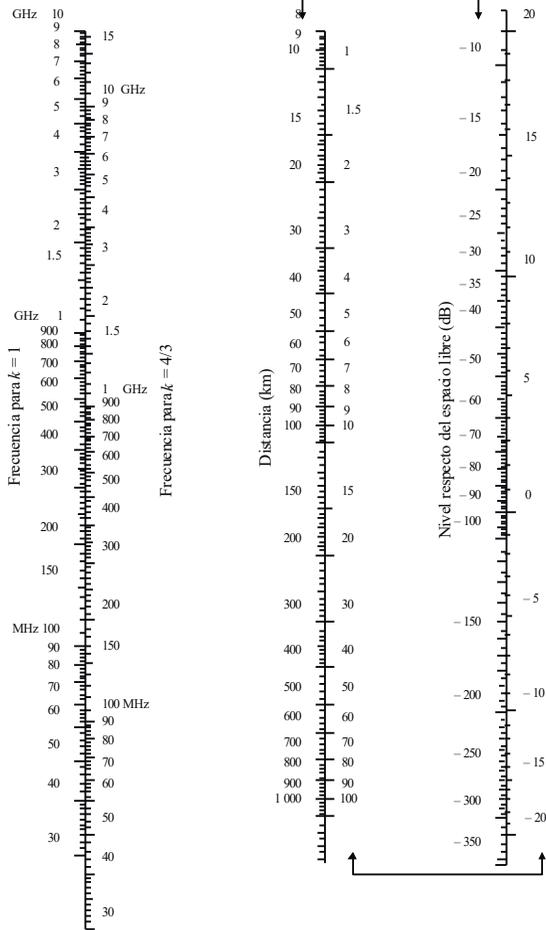


Polarización horizontal – tierra y mar
Polarización vertical – tierra

P.0526-04

FIGURA 5

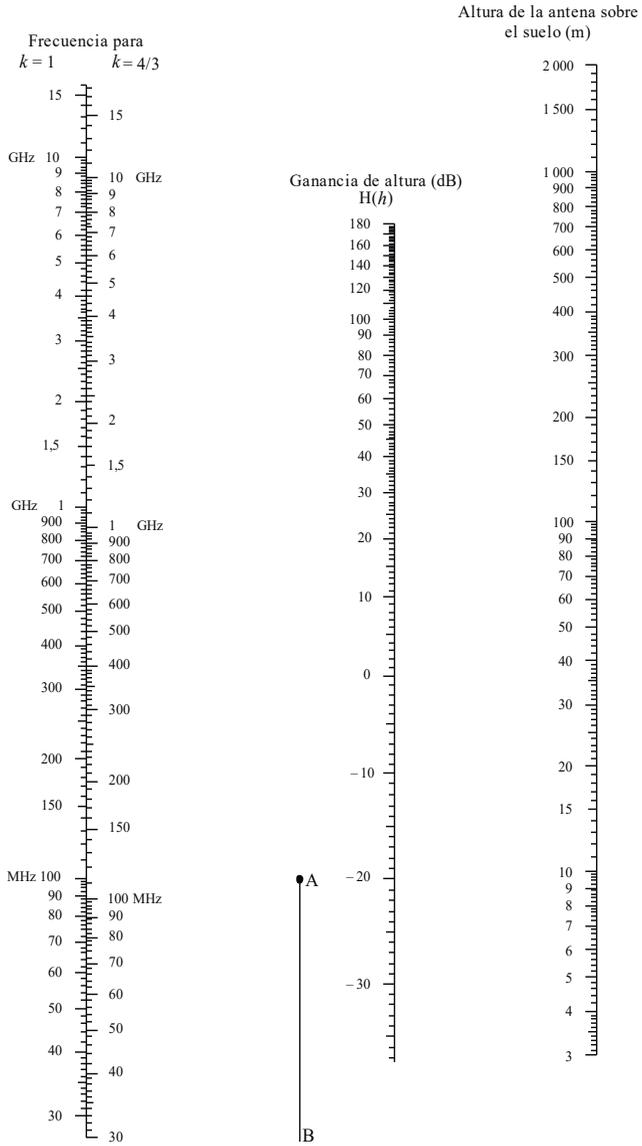
Difracción en una Tierra esférica – Efecto de la distancia



Polarización vertical sobre el mar
(Las escalas unidas por flechas han de utilizarse conjuntamente)

P.0526-05

FIGURA 6
Difracción en una Tierra esférica – Ganancia de altura



Polarización vertical – mar

P0526-06

3.2 Pérdidas de difracción para cualquier distancia a 10 MHz y frecuencias superiores

El siguiente procedimiento paso a paso debe utilizarse para un trayecto de Tierra esférica de cualquier longitud, en frecuencias de 10 MHz y superiores, para un radio efectivo de la Tierra $a_e > 0$. El método emplea el cálculo del § 3.1.1 para casos transhorizonte y para el resto de los casos se emplea un procedimiento de interpolación basado en un radio ficticio de la Tierra teórico.

El procedimiento hace uso de unidades autocoherentes y se aplica como sigue:

Se calcula la distancia de visibilidad directa marginal dada por la expresión:

$$d_{los} = \sqrt{2a_e} \left(\sqrt{h_1} + \sqrt{h_2} \right) \quad (21)$$

Si $d \geq d_{los}$ se calculan las pérdidas de difracción utilizando el método del § 3.1.1. No es necesario realizar más cálculos.

De no ser así, el método continúa:

Se calcula la altura libre de obstáculos más pequeña entre el trayecto de Tierra curva y el rayo entre las antenas, h (véase la Fig. 7), dado por:

$$h = \frac{\left(h_1 - \frac{d_1^2}{2a_e} \right) d_2 + \left(h_2 - \frac{d_2^2}{2a_e} \right) d_1}{d} \quad (22)$$

$$d_1 = \frac{d}{2} (1 + b) \quad (22a)$$

$$d_2 = d - d_1 \quad (22b)$$

$$b = 2\sqrt{\frac{m+1}{3m}} \cos \left\{ \frac{\pi}{3} + \frac{1}{3} \arccos \left(\frac{3c}{2} \sqrt{\frac{3m}{(m+1)^3}} \right) \right\} \quad (22c)$$

$$c = \frac{h_1 - h_2}{h_1 + h_2} \quad (22d)$$

$$m = \frac{d^2}{4a_e(h_1 + h_2)} \quad (22e)$$

Se calcula el trayecto libre de obstáculos requerido para unas pérdidas de difracción cero, h_{req} , que viene dado por:

$$h_{req} = 0,552 \sqrt{\frac{d_1 d_2 \lambda}{d}} \quad (23)$$

Si $h > h_{req}$ las pérdidas de difracción para el trayecto son cero. No se necesitan más cálculos.

De no ser así continúa el procedimiento:

Se calcula el radio ficticio de la Tierra modificado, a_{em} , que proporciona la visibilidad directa marginal a la distancia d , mediante la fórmula:

$$a_{em} = 0,5 \left(\frac{d}{\sqrt{h_1} + \sqrt{h_2}} \right)^2 \tag{24}$$

Se utiliza el método del § 3.1.1 para calcular las pérdidas de difracción del trayecto utilizando el radio ficticio de la Tierra modificado a_{em} en lugar del radio ficticio de la Tierra a_e , y a estas pérdidas se les denomina A_h .

Si A_h es negativo, las pérdidas de difracción en el trayecto son cero y no son necesarios más cálculos.

De no ser así, se calculan las pérdidas de difracción interpoladas, A (dB), que vienen dadas por:

$$A = [1 - h / h_{req}] A_h \tag{25}$$

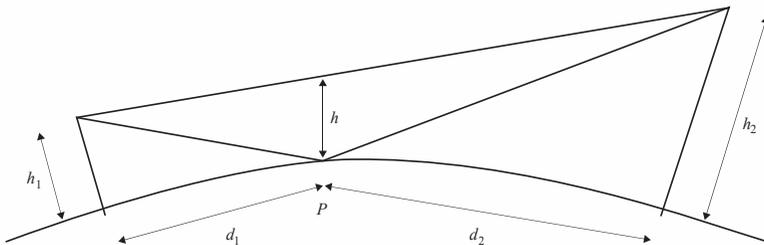
4 Difracción sobre obstáculos aislados o sobre un trayecto terrenal general

Numerosos trayectos de propagación comprenden un obstáculo o varios obstáculos separados, e interesa calcular la pérdida que éstos introducen. Para realizar el cálculo hay que idealizar la forma de tales obstáculos, considerándola bien como de arista de grosor despreciable o como de arista en filo de cuchillo gruesa y lisa, cuyo radio de curvatura en la cima está bien definido. Claro está que los obstáculos reales tienen formas más complejas, y, por consiguiente, las indicaciones dadas en la presente Recomendación se han de considerar nada más que como una aproximación. En estos modelos no se tiene en cuenta el perfil transversal a la dirección del enlace radioeléctrico, que puede tener un efecto importante sobre la pérdida por difracción.

En aquellos casos en que el trayecto directo entre los terminales es mucho más corto que el trayecto de difracción, es preciso calcular la pérdida de transmisión adicional debida al trayecto más largo.

Los datos que se facilitan a continuación son aplicables cuando la longitud de onda es suficientemente pequeña con relación a las dimensiones del obstáculo, o sea, principalmente en el caso de ondas métricas y más cortas ($f > 30$ MHz).

FIGURA 7
Trayecto libre de obstáculos



P: Punto de reflexión

P.0526-07

4.1 Obstáculo único en arista en filo de cuchillo

En este caso extremadamente idealizado (Figs. 8a) y 8b)), todos los parámetros geométricos se agrupan en un solo parámetro adimensional, que normalmente se designa por v y que puede tomar distintas formas equivalentes según los parámetros geométricos elegidos:

$$v = h \sqrt{\frac{2}{\lambda} \left(\frac{1}{d_1} + \frac{1}{d_2} \right)} \quad (26)$$

$$v = \theta \sqrt{\frac{2}{\lambda \left(\frac{1}{d_1} + \frac{1}{d_2} \right)}} \quad (27)$$

$$v = \sqrt{\frac{2 h \theta}{\lambda}} \quad (v \text{ tiene el mismo signo que } h \text{ y } \theta) \quad (28)$$

$$v = \sqrt{\frac{2 d}{\lambda} \cdot \alpha_1 \alpha_2} \quad (v \text{ tiene el mismo signo que } \alpha_1 \text{ y } \alpha_2) \quad (29)$$

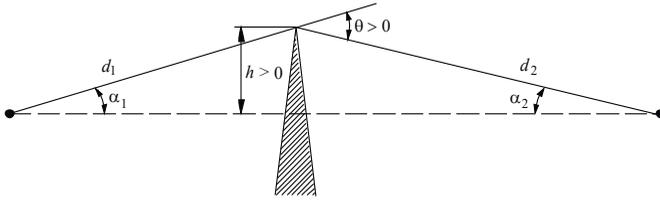
donde:

- h : altura de la cima del obstáculo sobre la recta que une los dos extremos del trayecto. Si la cima queda por debajo de esa línea, h es negativa
- d_1 y d_2 : distancias desde los dos extremos del trayecto a la cima del obstáculo
- d : longitud del trayecto
- θ : ángulo de difracción (rad); tiene el mismo signo que h . Se supone que el ángulo θ es inferior a unos 0,2 rad, o sea, aproximadamente 12°
- α_1 y α_2 : ángulos en radianes bajo los que, a partir de un extremo, se ven la cima del obstáculo y el extremo opuesto; tienen el mismo signo que h en las ecuaciones anteriores.

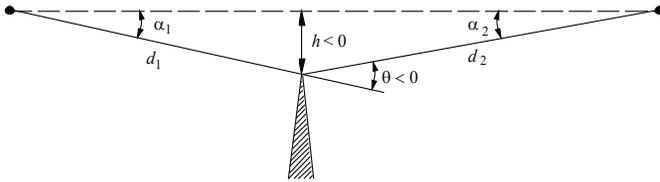
NOTA 1 – En las ecuaciones (26) a (29) inclusive, h , d , d_1 , d_2 y λ deben expresarse en unidades coherentes.

FIGURA 8
Elementos geográficos

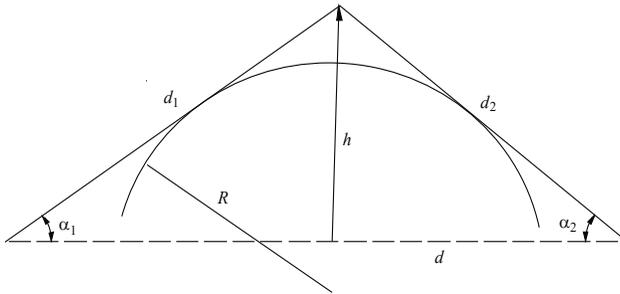
(Para las definiciones de θ , α_1 , α_2 , d , d_1 , d_2 y R , véanse los § 4.1 y 4.2)



a)



b)



c)

P.0526-08

En la Fig. 9 se ilustran las pérdidas $J(v)$ (dB) en función de v .

$J(v)$ viene dado por la ecuación:

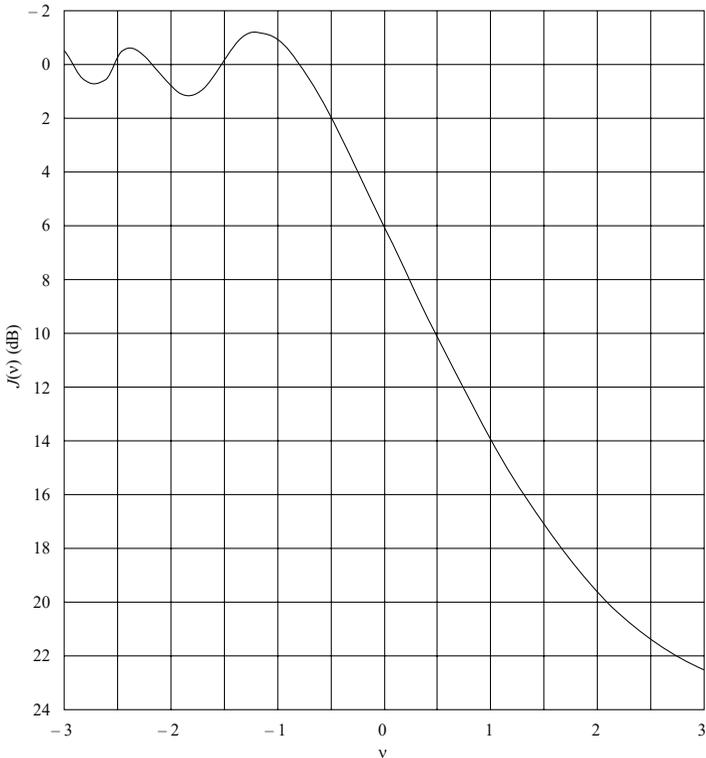
$$J(v) = -20 \log \left(\frac{\sqrt{[1 - C(v) - S(v)]^2 + [C(v) - S(v)]^2}}{2} \right) \quad (30)$$

donde $C(v)$ y $S(v)$ son las partes real e imaginaria respectivamente de la integral compleja de Fresnel $F(v)$ definida en el § 2.7.

Cuando el valor de v es superior a $-0,78$ puede obtenerse un valor aproximado mediante la expresión:

$$J(v) = 6,9 + 20 \log \left(\sqrt{(v - 0,1)^2 + 1} + v - 0,1 \right) \quad \text{dB} \quad (31)$$

FIGURA 9
Pérdidas por difracción en una arista en filo de cuchillo



P0526-09

4.2 Obstáculo único de forma redondeada

En la Fig. 8c) se indica la geometría de un obstáculo de forma redondeada de radio R . Obsérvese que las distancias d_1 y d_2 y la altura h por encima de la línea de base, se miden con respecto al vértice formado por la intersección de la proyección de los rayos sobre el obstáculo. La pérdida por difracción de esta geometría puede calcularse así:

$$A = J(v) + T(m, n) \quad \text{dB} \tag{32}$$

donde:

- a) $J(v)$ es la pérdida de Fresnel-Kirchoff debida a una arista en filo de cuchillo equivalente cuya cresta esté en el vértice. Se puede evaluar el parámetro v adimensional mediante cualquiera de las ecuaciones (26) a (29) inclusive. Por ejemplo, la ecuación (26) puede escribirse en unidades prácticas así:

$$v = 0,0316 h \left[\frac{2(d_1 + d_2)}{\lambda d_1 d_2} \right]^{1/2} \tag{33}$$

donde h y λ se expresan en metros, y d_1 y d_2 , en kilómetros.

$J(v)$ puede obtenerse de la Fig. 9 o de la ecuación (31). Obsérvese que en el caso de una obstrucción en el trayecto de propagación con LoS, v es positivo y la ecuación (31) es válida.

- b) $T(m, n)$ es la atenuación adicional debida a la curvatura del obstáculo:

$$T(m, n) = 7,2m^{1/2} - (2 - 12,5n)m + 3,6m^{3/2} - 0,8m^2 \quad \text{dB} \quad \text{para } mn \leq 4 \tag{34a}$$

$$T(m, n) = -6 - 20 \log (mn) + 7,2m^{1/2} - (2 - 17n)m + 3,6m^{3/2} - 0,8m^2 \quad \text{dB} \quad \text{para } mn > 4 \tag{34b}$$

y

$$m = R \left[\frac{d_1 + d_2}{d_1 d_2} \right] \bigg/ \left[\frac{\pi R}{\lambda} \right]^{1/3} \tag{35}$$

$$n = h \left[\frac{\pi R}{\lambda} \right]^{2/3} \bigg/ R \tag{36}$$

y R , d_1 , d_2 , h y λ se expresan en unidades coherentes.

Téngase en cuenta que, cuando R tiende a cero, $T(m, n)$ tiende también a cero. Por ello, la ecuación (32) se reduce a la difracción en una arista en filo de cuchillo para un cilindro de radio nulo.

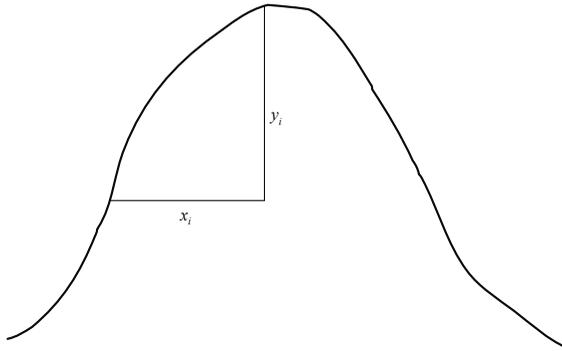
El radio de curvatura del obstáculo corresponde al radio de curvatura del vértice de una parábola ajustada con respecto al perfil del obstáculo cerca de la parte superior. Cuando se ajusta la parábola, la máxima distancia vertical desde el vértice que ha de utilizarse en ese procedimiento debe ser del orden del radio de la primera zona de Fresnel donde se encuentra el obstáculo. En la Fig. 10 se da un ejemplo de ese procedimiento, donde:

$$y_i = \frac{x_i^2}{2r_i} \tag{37}$$

y r_i es el radio de curvatura que corresponde a la muestra i del perfil vertical de la cumbre. Cuando se trata de N muestras, el radio de curvatura mediano del obstáculo viene dado por:

$$r = \frac{1}{N} \sum_1^N \frac{x_i^2}{2y_i} \tag{38}$$

FIGURA 10
Perfil vertical del obstáculo



P.0526-10

4.3 Dos aristas aisladas

El método consiste en aplicar sucesivamente la teoría de la difracción en arista de filo de cuchillo a los dos obstáculos; la parte superior del primer obstáculo actúa como fuente de difracción sobre el segundo (véase la Fig. 11). El primer trayecto de difracción, definido por las distancias a y b y la altura h'_1 , produce una pérdida L_1 (dB), y el segundo, definido por las distancias b y c y la altura h'_2 , una pérdida L_2 (dB). L_1 y L_2 se calculan utilizando las fórmulas del § 4.1. Debe añadirse un término de corrección L_c (dB) para tener en cuenta la separación b entre las dos aristas. L_c puede estimarse por la siguiente fórmula:

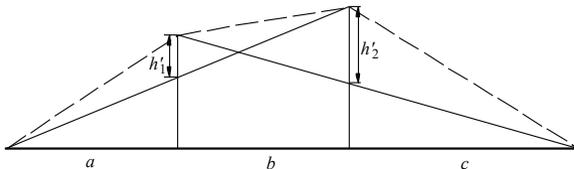
$$L_c = 10 \log \left[\frac{(a+b)(b+c)}{b(a+b+c)} \right] \quad (39)$$

válida cuando L_1 y L_2 son ambas superiores a unos 15 dB. La pérdida por difracción total viene dada entonces por:

$$L = L_1 + L_2 + L_c \quad (40)$$

El método anterior es particularmente útil cuando ambas aristas producen pérdidas similares.

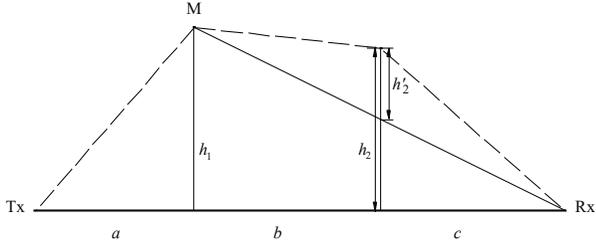
FIGURA 11
Método para dos aristas aisladas



P.0526-11

Si predomina una arista (véase la Fig. 12), el primer trayecto de difracción viene definido por las distancias a y $b + c$ y la altura h_1 . El segundo trayecto de difracción viene definido por las distancias b y c y la altura h_2 .

FIGURA 12
Esta figura muestra el obstáculo principal y el secundario



P.0526-12

El método consiste en aplicar sucesivamente la teoría de la difracción en una arista en filo de cuchillo a los dos obstáculos. En primer lugar, la mayor relación h/r determina el obstáculo principal, M, donde h es la altura de la arista medida desde el trayecto directo TxRx como muestra la Fig. 12, y r es el radio del primer elipsoide de Fresnel que viene dado por la ecuación (2). Seguidamente se utiliza h_2 , que es la altura del segundo obstáculo desde el subtrayecto MR, para calcular las pérdidas causadas por este obstáculo secundario. Se debe restar un factor de corrección T_c (dB), para tener en cuenta la separación entre las dos aristas así como su altura. T_c (dB) puede calcularse mediante la siguiente ecuación:

$$T_c = \left[12 - 20 \log_{10} \left(\frac{2}{1 - \frac{\alpha}{\pi}} \right) \right] \left(\frac{q}{p} \right)^{2p} \quad (41)$$

con:

$$p = \left[\frac{2}{\lambda} \frac{(a+b+c)}{(b+c)a} \right]^{1/2} h_1 \quad (42a)$$

$$q = \left[\frac{2}{\lambda} \frac{(a+b+c)}{(a+b)c} \right]^{1/2} h_2 \quad (42b)$$

$$\text{tg } \alpha = \left[\frac{b(a+b+c)}{ac} \right]^{1/2} \quad (42c)$$

donde h_1 y h_2 son las alturas de las aristas medidas desde el trayecto directo transmisor-receptor.

Las pérdidas por difracción total vienen dadas por:

$$L = L_1 + L_2 - T_c \quad (43)$$

Este mismo método puede aplicarse a los obstáculos de forma redondeada, con las fórmulas del § 4.3.

En los casos en que el obstáculo que produce difracción puede identificarse claramente como un edificio con techo plano, una aproximación sencilla de difracción en arista no es suficiente. Es necesario calcular la suma de las fases de las dos componentes: una de ellas experimenta una difracción doble en arista de filo de cuchillo y la otra está sujeta a una reflexión adicional causada por la superficie del tejado. Se ha demostrado que, cuando no se conocen de forma precisa la reflectividad de la superficie del tejado y cualquier diferencia de altura entre dicha superficie y los muros laterales, un modelo en doble filo de cuchillo es adecuado para la predicción de la intensidad de campo de difracción, sin tener en cuenta la componente reflejada.

4.4 Cilindros múltiples aislados

Se recomienda aplicar este método para determinar las pérdidas por difracción en un terreno irregular que presente uno o más obstáculos a la propagación con visibilidad directa, donde cada obstáculo puede representarse mediante un cilindro cuyo radio es igual al radio de curvatura de la parte superior del obstáculo; este método es el que conviene utilizar cuando se dispone del perfil vertical detallado de la cumbre.

Debe conocerse el perfil de la altura del terreno descrito como un conjunto de muestras de la altura del suelo sobre el nivel del mar, donde la primera y la última muestras corresponden a las alturas del transmisor y el receptor sobre el nivel del mar. Debe tenerse en cuenta el gradiente de refractividad atmosférica mediante el concepto de radio ficticio de la Tierra. Los valores de distancia y altura se describen como si estuvieran almacenados en matrices con índice de 1 a N , siendo N el número de muestras de perfil.

A continuación, se utilizan sistemáticamente subíndices:

- h_i : altura sobre el nivel del mar del i -ésimo punto;
- d_i : distancia desde el transmisor hasta el i -ésimo punto;
- d_{ij} : distancia desde el i -ésimo hasta el j -ésimo puntos.

El primer paso es llevar a cabo un análisis «de cuerda tensa» del perfil. Mediante este análisis se identifican los puntos de muestra que podrían entrar en contacto con una cuerda tensada a lo largo del perfil desde el transmisor hasta el receptor. Esto puede llevarse a cabo mediante el siguiente procedimiento, en el que todos los valores de altura y distancia son unidades homogéneas, y todos los ángulos se expresan en radianes. El método incluye aproximaciones que son válidas para trayectos radioeléctricos que forman ángulos pequeños con la horizontal. Si un trayecto tiene gradientes de radiación por encima de unos 5° puede justificarse una geometría más exacta.

Cada punto de la cuerda se identifica como el punto de perfil con el ángulo de elevación más alto sobre la horizontal local visto desde el punto de la cuerda anterior, que comienza en un extremo del perfil y termina en el otro. Visto desde el punto s , la elevación de la i -ésima muestra de perfil ($i > s$) viene dada por la ecuación:

$$e = [(h_i - h_s) / d_{si}] - [d_{si} / 2a_e] \quad (44)$$

donde:

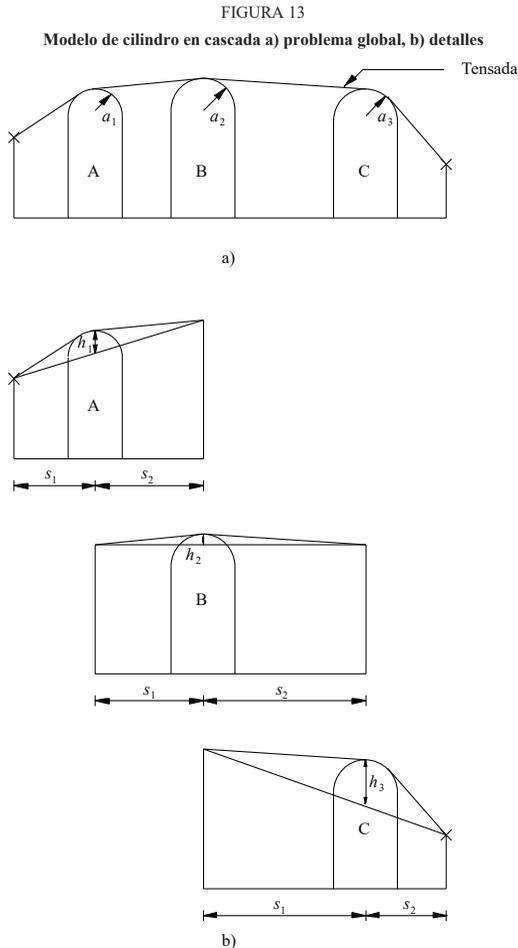
- a_e : radio ficticio de la Tierra expresado como:
= $k \times 6\,371$ (km)

y

- k : factor del radio ficticio de la Tierra.

En esa etapa se realiza una prueba para determinar si un grupo de dos o más puntos de la cuerda deben representar la misma obstrucción del terreno. Para las muestras separadas por distancias de 250 m o inferiores, cualquier grupo de puntos de la cuerda que sean muestras de perfil consecutivas, distintas de transmisor o receptor, deben considerarse como una obstrucción.

Cada obstrucción toma la forma de un cilindro, como se ilustra en la Fig. 13. La geometría de cada cilindro corresponde a la representada en la Fig. 8c). Obsérvese que en la Fig. 13 las distancias s_1 , s_2 para cada cilindro se representan como distancias medidas horizontalmente entre los puntos del vértice, y que para los rayos casi horizontales estas distancias se asemejan a las distancias d_1 y d_2 de las pendientes en la Fig. 8c). En cuanto a los ángulos de radiación con respecto a la línea horizontal superiores a unos 5° , es posible que sea necesario fijar el valor de s_1 y s_2 para las distancias d_1 y d_2 de las pendientes entre los vértices.



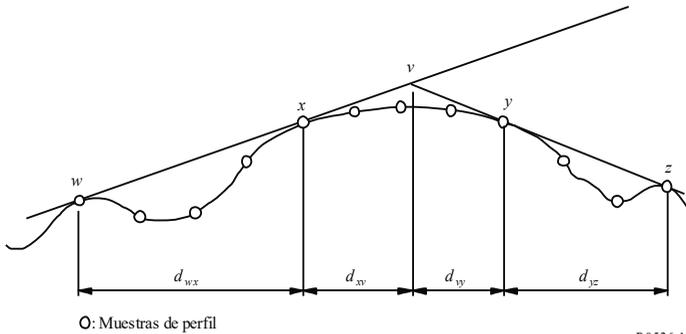
P0526-13

Al igual que en la Fig. 13, la altura h de cada cilindro se mide verticalmente desde su vértice inferior hasta la línea recta que une los vértices o los puntos terminales adyacentes. El valor de h para cada cilindro corresponde a h en la Fig. 8c). Además, para los rayos casi horizontales las alturas del cilindro pueden calcularse como si fueran verticales, pero para ángulos de radiación más pronunciados puede ser necesario calcular h en los ángulos rectos de la base de su cilindro.

En la Fig. 14 se ilustra la geometría de una obstrucción compuesta por más de un punto de la cuerda. Se definen los siguientes puntos:

- w: punto de la cuerda o terminal más cercano del lado de transmisión de la obstrucción que no forma parte de dicha obstrucción;
- x: punto de la cuerda que forma parte de la obstrucción más cercana al transmisor;
- y: punto de la cuerda que forma parte de la obstrucción más cercana al receptor;
- z: punto de la cuerda o terminal más cercano del lado de recepción de la obstrucción que no forma parte de dicha obstrucción;
- v: punto del vértice que resulta de la intersección de los rayos incidentes sobre la obstrucción.

FIGURA 14
Geometría de un obstáculo múltiplo



P0526-14

Las letras w , x , y y z también sirven de indicadores para las matrices de la distancia de perfil y las muestras de altura. Cuando una obstrucción está compuesta de un punto de la cuerda aislado, x e y tendrán el mismo valor, y hará referencia a un punto de perfil que coincide con el vértice. Obsérvese que para los cilindros en cascada, los puntos y y z de un cilindro corresponden los puntos w y x del siguiente y así sucesivamente.

En el Adjunto 1 al Anexo 1 se describe un método paso a paso para ajustar los cilindros a un perfil general del terreno. Cada obstrucción se caracteriza por los valores w , x , y y z . Seguidamente se utiliza el método de dicho Adjunto 1 para obtener los parámetros del cilindro s_1 , s_2 , h y R . Tras haber modelado el perfil de esta manera, las pérdidas por difracción para el trayecto se calculan como la suma de tres términos:

- la suma de las pérdidas por difracción en los cilindros;
- la suma de la difracción del subtrayecto entre cilindros (y entre cilindros y terminales adyacentes);
- un término de corrección.

Las pérdidas totales por difracción, en dB con respecto a las pérdidas en espacio libre, pueden expresarse de la siguiente manera:

$$L_d = \sum_{i=1}^N L'_i + L''(wx)_1 + \sum_{i=1}^N L''(yz)_i - 20 \log C_N \quad \text{dB} \quad (45)$$

donde:

- L'_i : pérdidas por difracción en el i -ésimo cilindro calculado por el método del § 4.2
- $L''(wx)_1$: pérdidas por difracción del subtrayecto en la sección del trayecto que se encuentra entre los puntos w y x del primer cilindro
- $L''(yz)_i$: pérdidas por difracción del subtrayecto en la sección del trayecto que se encuentra entre los puntos y y z de todos los cilindros
- C_N : factor de corrección para tener en cuenta las pérdidas por dispersión debidas a la difracción en cilindros sucesivos.

En el Adjunto 2 al Anexo 1 figura un método para calcular L'' en cada sección con visibilidad directa del trayecto entre obstrucciones.

El factor de corrección, C_N , se calcula mediante la fórmula:

$$C_N = (P_a/P_b)^{0,5} \quad (46)$$

donde:

$$P_a = s_1 \prod_{i=1}^N [(s_2)_i] \left(s_1 + \sum_{j=1}^N [(s_2)_j] \right) \quad (47)$$

$$P_b = (s_1)_1 (s_2)_N \prod_{i=1}^N [(s_1)_i + (s_2)_i] \quad (48)$$

y los subíndices de los paréntesis se refieren a cada uno de los cilindros.

4.5 Método para un trayecto terrenal general

Se recomienda este método para situaciones en las que se requiere un proceso automático para determinar las pérdidas por difracción para cualquier tipo de trayecto definido por un perfil, ya sea de visión directa o transhorizonte, y con un terreno rugoso o liso. Este modelo se basa en la construcción de Bullington, pero también utiliza el modelo de difracción de la Tierra esférica descrito en el § 3.2. Estos modelos se combinan de forma que, para un trayecto totalmente liso, el resultado sea el mismo que el del modelo de la Tierra esférica.

Se debe describir el trayecto mediante un perfil constituido por muestras de altura del terreno en metros sobre el nivel del mar para una sucesión de distancias entre un terminal y otro. A diferencia del perfil necesario en el § 4.4, el primer y último puntos de este perfil, (d_1, h_1) y (d_n, h_n) , deben representar la altura del terreno por debajo de las dos antenas y las alturas de las antenas por encima del terreno se suministran por separado.

En este modelo no es preciso que los puntos del perfil estén equiespaciados. Sin embargo, es importante que la separación máxima entre puntos no sea grande en comparación con la separación entre muestras de los datos topográficos de los que se extraen. Se desaconseja en particular representar una sección de un perfil de altura constante, como el agua, mediante un primer punto y un último punto separados por la longitud de la sección plana del trayecto. El modelo no realiza interpolaciones entre los puntos del perfil y debido a la curvatura de la Tierra una gran distancia entre puntos del perfil, por muy llano que sea, puede llevar a errores importantes.

Cuando existan urbanizaciones o cubierta vegetal a lo largo del perfil, normalmente mejora la precisión al añadir una altura representativa a las cotas del terreno o vegetación. No se debería hacer esto para las ubicaciones de los terminales (primer y último puntos del perfil) y hay que tener cuidado cerca de los terminales para garantizar que la adición de alturas de la cobertura vegetal no produce un aumento irreal de los ángulos de elevación sobre el horizonte vistos desde cada antena. Si un terminal se encuentra en una zona con cobertura vegetal y está por debajo de la altura representativa, puede ser preferible no añadir al terminal la altura de esa cobertura para la aplicación de este modelo y utilizar una corrección diferenciada altura-ganancia para la pérdida adicional que experimenta realmente el terminal en su posición real (de menor altura).

Este método debería utilizarse cuando no hay información *a priori* en lo que respecta a la naturaleza del trayecto de propagación o de las posibles obstrucciones del terreno. Este caso es típico cuando se utiliza un programa de ordenador para obtener los perfiles a partir de una base de datos de alturas del terreno de forma totalmente automática, sin una inspección individual de las características del trayecto. El método ofrece resultados fiables para todo tipo de trayectos, visión directa o transhorizonte, rugoso o liso, o sobre el mar o grandes extensiones de agua.

El método incluye dos submodelos:

- el método de difracción de Bullington utilizado con una corrección que se va ajustando para facilitar una transición suave entre la visión directa y la transhorizonte;
- el método de la Tierra esférica indicado en el § 3.2.

La parte Bullington del método se utiliza dos veces. La siguiente subsección ofrece una descripción general del cálculo de Bullington.

4.5.1 Modelo de Bullington

En las siguientes ecuaciones se calculan las pendientes en m/km en relación con la línea que une las alturas del nivel del mar en el transmisor y en el receptor. La distancia y altura del punto de perfil i -ésimo son d_i km y h_i m sobre el nivel del mar respectivamente, el valor i varía entre 1 y n siendo n el número de puntos de perfil, y la longitud total del trayecto es d km. Por conveniencia, los terminales al principio y al final del perfil se consideran como el transmisor y el receptor con alturas en m sobre el nivel del mar h_{ts} y h_{rs} , respectivamente. La curvatura ficticia de la Tierra C_e km⁻¹ viene dada por $1/r_e$ siendo r_e el radio ficticio de la Tierra en km. Las longitudes de onda en metros se representan por λ .

El punto intermedio del perfil con la mayor pendiente de la línea que separa al transmisor del punto viene dado por:

$$S_{tim} = \max \left[\frac{h_i + 500C_e d_i (d - d_i) - h_{ts}}{d_i} \right] \quad \text{m/km} \quad (49)$$

donde el índice i del perfil toma los valores 2 a $n - 1$.

La pendiente de la línea desde el transmisor al receptor se calcula suponiendo un trayecto de visión directa:

$$S_{tr} = \frac{h_{rs} - h_{ts}}{d} \quad \text{m/km} \quad (50)$$

A continuación se deben considerar dos casos.

Caso 1. El trayecto es de visión directa

Si $S_{tim} < S_{tr}$ el trayecto es de visión directa.

El punto intermedio del perfil con el mayor parámetro de difracción v viene dado por:

$$v_{\max} = \max \left\{ \left[h_i + 500 C_e d_i (d - d_i) - \frac{h_n (d - d_i) + h_n d_i}{d} \right] \sqrt{\frac{0,002d}{\lambda d_i (d - d_i)}} \right\} \quad (51)$$

donde el índice i del perfil toma los valores 2 a $n - 1$.

En este caso, las pérdidas de arista en filo de cuchillo para el punto de Bullington vienen dadas por:

$$L_{uc} = J(v_{\max}) \quad \text{dB} \quad (52)$$

donde la función J viene dada por la ecuación (31) para v_b mayor que $-0,78$, y cero en otro caso.

Caso 2. Trayecto transhorizonte

Si $S_{tim} \geq S_{tr}$ el trayecto es transhorizonte.

El punto intermedio del perfil con la mayor pendiente de la línea entre el receptor y el punto viene dado por:

$$S_{rim} = \max \left[\frac{h_i + 500 C_e d_i (d - d_i) - h_{rs}}{d - d_i} \right] \quad \text{m/km} \quad (53)$$

donde el índice del perfil i toma los valores 2 a $n - 1$.

La distancia del punto de Bullington desde el transmisor se calcula mediante:

$$d_b = \frac{h_{rs} - h_{ts} + S_{rim} d}{S_{tim} + S_{rim}} \quad \text{km} \quad (54)$$

El parámetro de difracción, v_b , para el punto de Bullington se calcula mediante:

$$v_b = \left[h_{ts} + S_{tim} d_b - \frac{h_n (d - d_b) + h_n d_b}{d} \right] \sqrt{\frac{0,002d}{\lambda d_b (d - d_b)}} \quad (55)$$

En este caso, las pérdidas de arista en filo de cuchillo para el punto de Bullington vienen dadas por:

$$L_{uc} = J(v_b) \quad \text{dB} \quad (56)$$

Para las pérdidas L_{uc} calculadas utilizando la ecuación (52) o la ecuación (56), las pérdidas de difracción de Bullington para el trayecto vienen dadas ahora por:

$$L_b = L_{uc} + [1 - \exp(-L_{uc}/6)](10 + 0,02 d) \quad (57)$$

4.5.2 Método completo

Para un perfil del terreno y alturas de antena reales se utiliza el método del § 4.5.1. Las pérdidas de difracción de Bullington resultantes para el trayecto real L_{ba} dB, se fijan a L_b como indica la ecuación (57).

A continuación se hallan las alturas ficticias del transmisor y del receptor relativas a una superficie lisa ajustadas al perfil.

Los valores provisionales iniciales para las alturas de una superficie lisa en los extremos transmisor y receptor del trayecto se calculan de la siguiente forma:

$$v_1 = \sum_{i=2}^n (d_i - d_{i-1})(h_i + h_{i-1}) \quad (58)$$

$$v_2 = \sum_{i=2}^n (d_i - d_{i-1}) [h_i (2d_i + d_{i-1}) + h_{i-1} (d_i + 2d_{i-1})] \quad (59)$$

$$h_{stip} = \left(\frac{2v_1 d - v_2}{d^2} \right) \quad (60a)$$

$$h_{sríp} = \left(\frac{v_2 - v_1 d}{d^2} \right) \quad (60b)$$

Para encontrar la mayor altura de obstrucción sobre la línea de visión del trayecto desde el transmisor y el receptor h_{obs} , y los ángulos de elevación sobre el horizonte α_{obt} , α_{obr} , se calculan a partir de la geometría de Tierra plana:

$$h_{obs} = \text{máx} \{h_{obi}\} \quad \text{m} \quad (61a)$$

$$\alpha_{obt} = \text{máx} \{h_{obi} / d_i\} \quad \text{mrad} \quad (61b)$$

$$\alpha_{obr} = \text{máx} \{h_{obi} / (d - d_i)\} \quad \text{mrad} \quad (61c)$$

donde:

$$h_{obi} = h_i - [h_{ts}(d - d_i) + h_{rs}d_i] / d \quad \text{m} \quad (61d)$$

y el índice i del perfil toma los valores 2 a $(n-1)$.

Para calcular los valores provisionales de las alturas de una superficie lisa en los extremos transmisor y receptor del trayecto se utiliza:

Si h_{obs} es menor o igual a cero, entonces:

$$h_{sip} = h_{stip} \quad \text{msnm} \quad (62a)$$

$$h_{sríp} = h_{sríp} \quad \text{msnm} \quad (62b)$$

en otro caso:

$$h_{sip} = h_{stip} - h_{obs}g_t \quad \text{msnm} \quad (62c)$$

$$h_{sríp} = h_{sríp} - h_{obs}g_r \quad \text{msnm} \quad (62d)$$

donde:

$$g_t = \alpha_{obt} / (\alpha_{obt} + \alpha_{obr}) \quad (62e)$$

$$g_r = \alpha_{obr} / (\alpha_{obt} + \alpha_{obr}) \quad (62f)$$

Para el cálculo de los valores finales de las alturas de la superficie lisa en los extremos transmisor y receptor del trayecto:

Si h_{stp} es mayor que h_1 entonces:

$$h_{st} = h_1 \quad \text{msnm} \quad (63a)$$

en otro caso:

$$h_{st} = h_{stp} \quad \text{msnm} \quad (63b)$$

Si h_{srp} es mayor que h_n entonces:

$$h_{sr} = h_n \quad \text{msnm} \quad (63c)$$

en otro caso:

$$h_{sr} = h_{srp} \quad \text{msnm} \quad (63d)$$

Para un perfil liso se utiliza el método del § 4.5.1 fijando todas las alturas de perfil h_i a cero, y con alturas de antena modificadas:

$$h'_{ts} = h_{rs} - h_{st} \quad \text{msnm} \quad (64a)$$

$$h'_{rs} = h_{rs} - h_{sr} \quad \text{msnm} \quad (64b)$$

Las pérdidas de difracción de Bullington resultantes para el trayecto liso, L_{bs} dB, se fijan a L_b mediante la ecuación (57).

Para la longitud de trayecto real d km se utiliza el método de difracción sobre Tierra esférica del § 3.2 con:

$$h_1 = h'_{ts} \quad \text{m} \quad (65a)$$

$$h_2 = h'_{rs} \quad \text{m} \quad (65b)$$

Las pérdidas de difracción de Tierra esférica resultantes, L_{sph} dB, se fijan a A mediante la ecuación (25).

Las pérdidas de difracción para el trayecto general vienen dadas por:

$$L = L_{ba} + \max\{L_{sph} - L_{bs}, 0\} \quad \text{dB} \quad (66)$$

5 Difracción debida a pantallas delgadas

En los siguientes métodos se considera que la obstrucción adopta la forma de una pantalla delgada. Estos métodos pueden utilizarse para estudiar la propagación que se produce alrededor de un obstáculo o a través de una abertura.

5.1 Pantalla de anchura finita

La supresión de la interferencia en un emplazamiento de recepción (por ejemplo, una estación terrena pequeña) puede conseguirse mediante una pantalla artificial de anchura finita transversal a la dirección de propagación. En este caso, se puede calcular el campo en la sombra de la pantalla teniendo en cuenta tres aristas en filo de cuchillo a saber: cima y los dos lados de la pantalla. Las interferencias constructiva y destructiva de las tres contribuciones independientes producirán fluctuaciones rápidas de la intensidad de campo a distancias del orden de una longitud de onda. El modelo simplificado que se ofrece a continuación proporciona estimaciones de las pérdidas por difracción mínima y media en función de la ubicación. Consiste en la suma de las amplitudes de las contribuciones individuales para obtener una estimación de la pérdida por difracción mínima, y en una suma en potencia para obtener una estimación de la pérdida por difracción media. Este modelo se ha verificado por comparación con cálculos exactos mediante la teoría de la difracción uniforme (UTD, *uniform theory of diffraction*) y mediciones de gran precisión.

Paso 1: Calcular el parámetro geométrico v para cada una de las tres aristas en filo de cuchillo (cima, lado izquierdo y lado derecho) mediante cualquiera de las ecuaciones (26) a (29).

Paso 2: Calcular el factor de pérdida $j(v) = 10^{-j(v)/20}$ asociado con cada arista mediante la ecuación (31).

Paso 3: Calcular la pérdida por difracción mínima J_{min} mediante la expresión:

$$J_{min}(v) = -20 \log \left[\frac{1}{j_1(v)} + \frac{1}{j_2(v)} + \frac{1}{j_3(v)} \right] \quad \text{dB} \quad (67)$$

o bien:

Paso 4: Calcular la pérdida por difracción media J_{av} mediante la expresión:

$$J_{av}(v) = -10 \log \left[\frac{1}{j_1^2(v)} + \frac{1}{j_2^2(v)} + \frac{1}{j_3^2(v)} \right] \quad \text{dB} \quad (68)$$

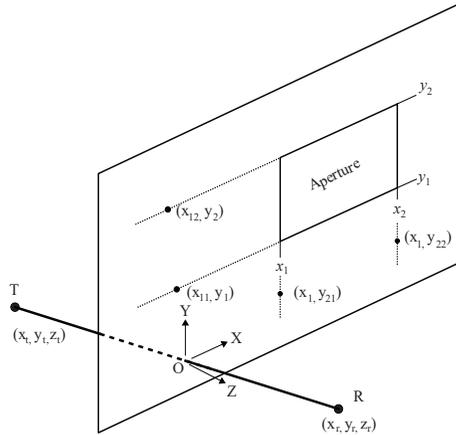
5.2 Difracción debida a aberturas rectangulares y aberturas o pantallas compuestas

El método que se describe a continuación puede utilizarse para calcular las pérdidas por difracción debidas a una abertura rectangular en una pantalla delgada que de otra manera sería totalmente absorbente. El método también puede utilizarse en el caso de varias aberturas rectangulares o pantallas finitas, con lo cual se convierte en un método alternativo para calcular la difracción en las pantallas de anchura finita, tema que se examinó en el § 5.1.

5.2.1 Difracción debida a una abertura rectangular única

En la Fig. 15 se ilustra la geometría utilizada para representar una apertura rectangular en una pantalla delgada infinita totalmente absorbente.

FIGURA 15
Geometría para una abertura rectangular única



P.0526-5

Las posiciones de las aristas de la abertura, x_1 , x_2 , y_1 e y_2 , se representan en un sistema de coordenadas cartesianas, cuyo origen es el punto donde la línea recta desde el transmisor T en las coordenadas x_t , y_t , z_t , hasta el receptor R en las coordenadas x_r , y_r , z_r , atraviesa la pantalla en el plano X-Y, con propagación no necesariamente paralela al eje Z. El origen está en el plano de la pantalla.

El ángulo θ_p entre la dirección de propagación y el eje Z es:

$$\theta_p = \arctan \left(\frac{\sqrt{(x_r - x_t)^2 + (y_r - y_t)^2}}{z_r - z_t} \right) \quad \text{rad} \quad (69)$$

La intensidad de campo, e_a , en el receptor en unidades lineales normalizadas en el espacio libre en forma compleja, puede evaluarse con precisión para el pequeño θ_p mediante el método integral de Fresnel del § 5.2.1.1, o con precisión razonable para cualquier θ_p a través del método semiempírico del § 5.2.1.2.

Las correspondientes pérdidas por difracción L_a vienen dadas por la ecuación:

$$L_a = -20 \log (|e_a|) \quad \text{dB} \quad (70)$$

5.2.1.1 Método integral de Fresnel

$$e_a(x_1, x_2, y_1, y_2) = 0,5 (C_x S_y + S_x C_y) + j 0.5(S_x S_y - C_x C_y) \quad (71)$$

donde:

$$C_x = C(v_{x2}) - C(v_{x1}) \quad (72a)$$

$$C_y = C(v_{y2}) - C(v_{y1}) \quad (72b)$$

$$S_x = S(v_{x2}) - S(v_{x1}) \quad (72c)$$

$$S_y = S(v_{y2}) - S(v_{y1}) \quad (72d)$$

$C(v)$ y $S(v)$ vienen dados por las ecuaciones (7a) y (7b) y pueden calcularse a partir del coeficiente complejo de Fresnel mediante las ecuaciones (8a) y (8b).

Los cuatro parámetros de difracción v_{x1} , v_{x2} , v_{y1} , and v_{y2} son:

$$v_{x1} = \operatorname{sgn}(x_1) \sqrt{\frac{2}{\lambda} |x_1|^{1.18} \left(\frac{1}{z_r} - \frac{1}{z_t} \right)^{0.18} |\phi_{21}|^{0.82}} \quad (73a)$$

$$v_{x2} = \operatorname{sgn}(x_2) \sqrt{\frac{2}{\lambda} |x_2|^{1.18} \left(\frac{1}{z_r} - \frac{1}{z_t} \right)^{0.18} |\phi_{22}|^{0.82}} \quad (73b)$$

$$v_{y1} = \operatorname{sgn}(y_1) \sqrt{\frac{2}{\lambda} |y_1|^{1.18} \left(\frac{1}{z_r} - \frac{1}{z_t} \right)^{0.18} |\phi_{11}|^{0.82}} \quad (73c)$$

$$v_{y2} = \operatorname{sgn}(y_2) \sqrt{\frac{2}{\lambda} |y_2|^{1.18} \left(\frac{1}{z_r} - \frac{1}{z_t} \right)^{0.18} |\phi_{12}|^{0.82}} \quad (73d)$$

con:

$$\phi_{21} = \arctan\left(\frac{x_1 - x_r}{z_r}\right) - \arctan\left(\frac{x_1 - x_t}{z_t}\right) \quad \text{rad} \quad (73e)$$

$$\phi_{22} = \arctan\left(\frac{x_2 - x_r}{z_r}\right) - \arctan\left(\frac{x_2 - x_t}{z_t}\right) \quad \text{rad} \quad (73f)$$

$$\phi_{11} = \arctan\left(\frac{y_1 - y_r}{z_r}\right) - \arctan\left(\frac{y_1 - y_t}{z_t}\right) \quad \text{rad} \quad (73g)$$

$$\phi_{12} = \arctan\left(\frac{y_2 - y_r}{z_r}\right) - \arctan\left(\frac{y_2 - y_t}{z_t}\right) \quad \text{rad} \quad (73h)$$

5.2.1.2 Método semiempírico

Para una precisión razonable en cualquier θ_p , el método siguiente no requiere las integrales $C(v)$ y $S(v)$ de Fresnel:

$$e_a = \prod_{i=1}^2 \left[\operatorname{sgn}(\phi_{i1}) \left(\frac{1}{2} - \frac{ph_{i1}}{Ph} G_{i1} \right) - \operatorname{sgn}(\phi_{i2}) \left(\frac{1}{2} - \frac{ph_{i2}}{Ph} G_{i2} \right) \right] \quad (74)$$

donde:

$$G_{ij} = \cos\left(\frac{\phi_{ij}}{2}\right) \left[\frac{1}{2} - \frac{1}{\pi} \arctan(1.4v_{ij}) \right] \quad (75)$$

con ϕ_{ij} a partir de las ecuaciones (73e) a (73h), y

$$v_{ij} = 2 \sqrt{\frac{1}{\lambda} (D_{t-proj-ij} + D_{r-proj-ij} - r_{proj-i})} \quad (76)$$

$$r_{proj-1} = \sqrt{(z_r - z_t)^2 + (y_r - y_t)^2} \quad (77a)$$

$$r_{proj-2} = \sqrt{(z_r - z_t)^2 + (x_r - x_t)^2} \quad (77b)$$

$$D_{t-proj-11} = \sqrt{z_t^2 + (y_1 - y_t)^2} \quad (78a)$$

$$D_{t-proj-12} = \sqrt{z_t^2 + (y_2 - y_t)^2} \quad (78b)$$

$$D_{t-proj-21} = \sqrt{z_t^2 + (x_1 - x_t)^2} \quad (78c)$$

$$D_{t-proj-22} = \sqrt{z_t^2 + (x_2 - x_t)^2} \quad (78d)$$

$$D_{r-proj-11} = \sqrt{z_r^2 + (y_1 - y_r)^2} \quad (78e)$$

$$D_{r-proj-12} = \sqrt{z_r^2 + (y_2 - y_r)^2} \quad (78f)$$

$$D_{r-proj-21} = \sqrt{z_r^2 + (x_1 - x_r)^2} \quad (78g)$$

$$D_{r-proj-22} = \sqrt{z_r^2 + (x_2 - x_r)^2} \quad (78h)$$

Evaluar D_{11} , D_{12} , D_{21} , D_{22} :

$$D_{ij} = \sqrt{(z_r)^2 + (y_r - y_{ij})^2 + (x_r - x_{ij})^2} + \sqrt{(z_t)^2 + (y_t - y_{ij})^2 + (x_t - x_{ij})^2} \quad (79)$$

donde, si $D_{r-proj-1j} \neq D_{t-proj-1j}$

$$x_{1j} = \frac{x_t (D_{r-proj-1j})^2 - x_r (D_{t-proj-1j})^2 - D_{t-proj-1j} D_{r-proj-1j} (x_t - x_r)}{(D_{r-proj-1j})^2 - (D_{t-proj-1j})^2}, \quad (80a)$$

o si $D_{r-proj-1j} = D_{t-proj-1j}$

$$x_{1j} = \frac{x_t + x_r}{2}, \quad (80b)$$

y si $D_{r-proj-2j} \neq D_{t-proj-2j}$

$$y_{2j} = \frac{y_t (D_{r-proj-2j})^2 - y_r (D_{t-proj-2j})^2 - D_{t-proj-2j} D_{r-proj-2j} (y_t - y_r)}{(D_{r-proj-2j})^2 - (D_{t-proj-2j})^2}, \quad (81a)$$

o si $D_{r-proj-2j} = D_{t-proj-2j}$

$$y_{2j} = \frac{y_t + y_r}{2} \quad (81b)$$

y

$$y_{1j} = y_j, x_{2j} = x_j \quad (82)$$

utilizando ph_{11} , ph_{12} , ph_{21} , ph_{22} , de

$$ph_{ij} = \exp\left(\frac{-j2\pi D_{ij}}{\lambda}\right) \quad (83)$$

y Ph :

$$Ph = \exp\left(\frac{-j2\pi r}{\lambda}\right) \quad (84)$$

5.2.2 Difracción debida a aberturas o pantallas compuestas

El método utilizado para una abertura rectangular única también puede aplicarse como sigue:

Dado que en las unidades lineales normalizadas al espacio libre de las ecuaciones (71) o (74) el campo en espacio libre se expresa mediante la fórmula $1,0 + j 0,0$, el campo complejo normalizado e_s , debido a una pantalla rectangular única (aislada en el terreno), se expresa mediante la fórmula:

$$e_s = 1,0 - e_a \quad (85)$$

donde e_a se calcula utilizando las ecuaciones (71) o (74) para una abertura del mismo tamaño y con la misma posición que la pantalla.

- El campo normalizado debido a combinaciones de varias aberturas rectangulares o pantallas aisladas puede calcularse sumando los resultados de las ecuaciones (71) o (74).
- Las aberturas o pantallas de formas arbitrarias pueden aproximarse mediante combinaciones adecuadas de aberturas o pantallas rectangulares.
- Como las integrales $C(v)$ y $S(v)$ convergen a un valor de $0,5 + j 0,5$ cuando v tiende a infinito, la ecuación (71) puede aplicarse para rectángulos de tamaño ilimitado en una o más direcciones.

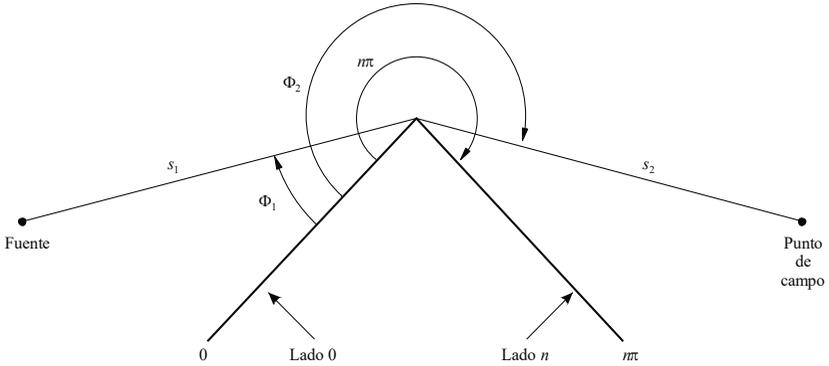
6 Difracción debida a una cuña de conductividad finita

El método descrito a continuación puede emplearse para predecir la pérdida por difracción debida a un obstáculo en cuña de conductividad finita. Las aplicaciones apropiadas son la difracción alrededor de la esquina de un edificio o en la cresta de un tejado, o allí donde el terreno pueda caracterizarse por una colina en forma de cuña. El método requiere conocer la conductividad y la constante dieléctrica relativa de la cuña que obstruye, y se supone que no hay ninguna transmisión a través del material de la cuña.

El método se basa en la UTD. Tiene en cuenta la difracción tanto en la región de sombra como en la de visibilidad directa y se facilita un método de transmisión gradual entre dichas regiones.

En la Fig. 16 se ilustra la geometría de un obstáculo en forma de cuña de conductividad finita.

FIGURA 16
Geometría para aplicar la UTD de la difracción por cuña



P.0526-16

La fórmula de la UTD para el campo eléctrico en el punto de campo, relativa a dos dimensiones, es:

$$e_{UTD} = e_0 \frac{\exp(-jk s_1)}{s_1} D_{\parallel}^{\dagger} \cdot \sqrt{\frac{s_1}{s_2(s_1 + s_2)}} \cdot \exp(-jk s_2) \quad (86)$$

donde:

- e_{UTD} : campo eléctrico en el punto de campo
- e_0 : amplitud de la fuente relativa
- s_1 : distancia del punto de la fuente a la arista de difracción
- s_2 : distancia de la arista de difracción al punto de campo
- k : número de onda $2\pi/\lambda$

D_{\parallel}^{\dagger} : coeficiente de difracción que depende de la polarización (paralela o perpendicular al plano de incidencia) del campo incidente en la arista

y s_1 , s_2 y λ se expresan en unidades coherentes.

El coeficiente de difracción de una cuña de conductividad finita viene dado por:

$$D_{\parallel}^{\dagger} = \frac{-\exp(-j\pi/4)}{2n\sqrt{2\pi k}} \left\{ \begin{aligned} & \cotg\left(\frac{\pi + (\Phi_2 - \Phi_1)}{2n}\right) \cdot F(kLa^+(\Phi_2 - \Phi_1)) \\ & + \cotg\left(\frac{\pi - (\Phi_2 - \Phi_1)}{2n}\right) \cdot F(kLa^-(\Phi_2 - \Phi_1)) \\ & + R_0^{\dagger} \cdot \cotg\left(\frac{\pi - (\Phi_2 + \Phi_1)}{2n}\right) \cdot F(kLa^-(\Phi_2 + \Phi_1)) \\ & + R_n^{\dagger} \cdot \cotg\left(\frac{\pi + (\Phi_2 + \Phi_1)}{2n}\right) \cdot F(kLa^+(\Phi_2 + \Phi_1)) \end{aligned} \right\} \quad (87)$$

donde:

Φ_1 : ángulo de incidencia, medido a partir del lado de incidencia (lado 0)

Φ_2 : ángulo de difracción, medido a partir del lado de incidencia (lado 0)

n : ángulo externo de la cuña expresado como múltiplo de π radianes (ángulo real = $n\pi$ (rad))

$$j = \sqrt{-1}$$

y donde $F(x)$ es una integral de Fresnel:

$$F(x) = 2j\sqrt{x} \cdot \exp(jx) \cdot \int_{\sqrt{x}}^{\infty} \exp(-jt^2) dt \quad (88)$$

$$\int_{\sqrt{x}}^{\infty} \exp(-jt^2) dt = \sqrt{\frac{\pi}{8}}(1-j) - \int_0^{\sqrt{x}} \exp(-jt^2) dt \quad (89)$$

La integral puede calcularse por integración numérica.

De forma alternativa una aproximación útil viene dada por:

$$\int_{\sqrt{x}}^{\infty} \exp(-jt^2) dt = \sqrt{\frac{\pi}{2}} A(x) \quad (90)$$

donde:

$$A(x) = \left\{ \begin{array}{ll} \frac{1-j}{2} - \exp(-jx) \sqrt{\frac{x}{4}} \sum_{n=0}^{11} \left[(a_n + jb_n) \left(\frac{x}{4}\right)^n \right] & \text{si } x < 4 \\ -\exp(-jx) \sqrt{\frac{4}{x}} \sum_{n=0}^{11} \left[(c_n + jd_n) \left(\frac{4}{x}\right)^n \right] & \text{en otro caso} \end{array} \right\} \quad (91)$$

y los coeficientes a, b, c, d se describen en el § 2.7.

$$L = \frac{s_2 \cdot s_1}{s_2 + s_1} \quad (92)$$

$$a^{\pm}(\beta) = 2 \cos^2 \left(\frac{2n\pi N^{\pm} - \beta}{2} \right) \quad (93)$$

donde:

$$\beta = \Phi_2 \pm \Phi_1 \quad (94)$$

En la ecuación (45), N^{\pm} son los enteros que satisfacen con mayor aproximación la ecuación.

$$N^{\pm} = \frac{\beta \pm \pi}{2n\pi} \quad (95)$$

R_0^\perp, R_n^\perp son los coeficientes de reflexión tanto de la polarización perpendicular como de la paralela dados por:

$$R^\perp = \frac{\text{sen}(\Phi) - \sqrt{\eta - \cos(\Phi)^2}}{\text{sen}(\Phi) + \sqrt{\eta - \cos(\Phi)^2}} \quad (96)$$

$$R^\parallel = \frac{\eta \cdot \text{sen}(\Phi) - \sqrt{\eta - \cos(\Phi)^2}}{\eta \cdot \text{sen}(\Phi) + \sqrt{\eta - \cos(\Phi)^2}} \quad (97)$$

donde:

- $\Phi = \Phi_1$ para R_0 y $\Phi = (n\pi - \Phi_2)$ para R_n
- $\eta = \epsilon_r - j \times 18 \times 10^9 \sigma / f$
- ϵ_r : constante dieléctrica relativa del material de la cuña
- σ : conductividad del material de la cuña (S/m)
- f : frecuencia (Hz).

Cabe tener en cuenta que, de ser necesario, los dos lados de la cuña pueden tener características eléctricas distintas.

En los límites del apantallamiento y la reflexión una de las funciones cotangentes en la ecuación (87) pasa a ser singular.

Sin embargo, $D^{\perp\parallel}$ sigue siendo finita y se puede evaluar fácilmente. El término que contiene la función cotangente singular se da para un valor reducido de ϵ como:

$$\text{cotg}\left(\frac{\pi \pm \beta}{2n}\right) \cdot F(kLa^\pm(\beta)) \cong n \cdot \left[\sqrt{2\pi kL} \cdot \text{sign}(\epsilon) - 2kL\epsilon \cdot \exp(j\pi/4)\right] \cdot \exp(j\pi/4) \quad (98)$$

donde ϵ se define mediante:

$$\epsilon = \pi + \beta - 2\pi nN^+ \quad \text{para} \quad \beta = \Phi_2 + \Phi_1 \quad (99)$$

$$\epsilon = \pi - \beta + 2\pi nN^- \quad \text{para} \quad \beta = \Phi_2 - \Phi_1 \quad (100)$$

El coeficiente de difracción resultante será continuo en los límites del apantallamiento y la reflexión, siempre que se emplee el mismo coeficiente de reflexión cuando se calculen los rayos reflejados.

El campo e_{LD} debido al rayo de difracción, más el rayo visible para $(\Phi_2 - \Phi_1) < \pi$, viene dado por:

$$e_{LD} = \begin{cases} e_{UTD} + \frac{\exp(-jks)}{s} & \text{para} \quad \Phi_2 < \Phi_1 + \pi \\ e_{UTD} & \text{para} \quad \Phi_2 \geq \Phi_1 + \pi \end{cases} \quad (101)$$

donde:

- s : distancia en línea recta entre los puntos de la fuente y el campo.

Obsérvese que para $(\Phi_2 - \Phi_1) = \pi$ el segundo término cotangente en la ecuación (87) pasará a ser singular y que debe emplearse la aproximación alternativa dada por la ecuación (98).

La intensidad de campo en el punto del campo (dB) relativo al campo que existiría en el punto del campo en ausencia de una obstrucción en forma de cuña (es decir, dB con respecto al espacio libre) se determina haciendo e_0 igual a la unidad en la ecuación (86) y calculando:

$$E_{UTD} = 20 \log \left(\left| \frac{s \cdot e_{UTD}}{\exp(-jks)} \right| \right) \quad (102)$$

donde:

s : distancia en línea recta entre los puntos de la fuente y el campo.

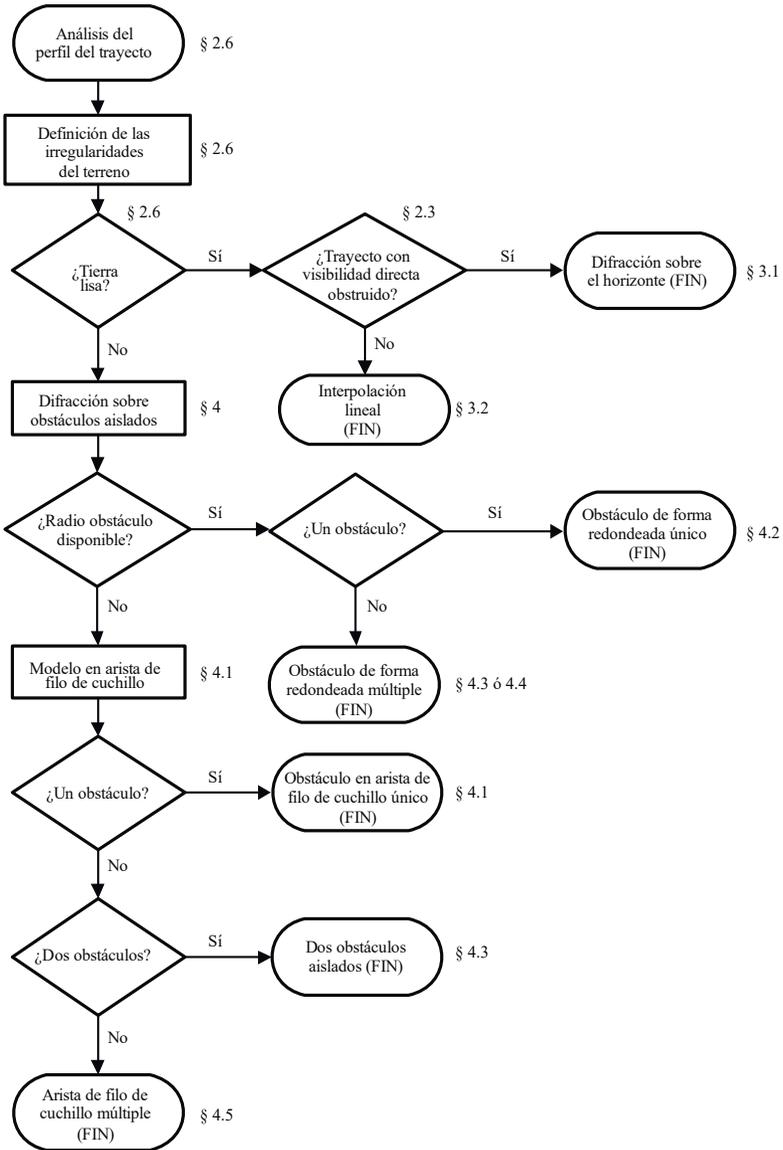
Cabe tener en cuenta que, para $n = 2$ y unos coeficientes de reflexión cero, debe obtenerse el mismo resultado que en la pérdida por difracción en una arista en filo de cuchillo de la Fig. 9.

Una versión MathCAD sobre la formulación de la UTD se puede obtener en la Oficina de Radiocomunicaciones.

7 Guía sobre la propagación por difracción

En la Fig. 17 aparece un organigrama general para evaluar las pérdidas por difracción correspondiente a los § 3 y 4. En el organigrama se resume el procedimiento que ha de adoptarse en cada caso.

FIGURA 17
Organigrama sobre la propagación por difracción



P.0526-17

Adjunto 1 al Anexo 1

Cálculo de los parámetros del cilindro

El siguiente procedimiento puede utilizarse para calcular los parámetros del cilindro que se ilustran en las Figs. 8c) y 14 para cada una de las obstrucciones del terreno. Para ello se utilizan unidades homogéneas y todos los ángulos se expresan en radianes. Las aproximaciones utilizadas son válidas para trayectos radioeléctricos con una elevación igual o inferior a 5° con respecto a la horizontal.

1 Ángulo de difracción y posición del vértice

Aunque estas unidades no se utilizan directamente como parámetros del cilindro, se necesita conocer el ángulo de difracción sobre el cilindro y la posición del vértice.

El ángulo de difracción sobre el obstáculo viene dado por la ecuación:

$$\theta = \alpha_w + \alpha_z + \alpha_e \quad (103)$$

donde α_w y α_z son los ángulos de elevación de los puntos x e y por encima de la horizontal local, vistos desde los puntos w y z respectivamente, que se expresan mediante las ecuaciones:

$$\alpha_w = \frac{(h_x - h_w)}{d_{wx}} - \frac{d_{wx}}{2a_e} \quad (104)$$

$$\alpha_z = \frac{(h_y - h_z)}{d_{yz}} - \frac{d_{yz}}{2a_e} \quad (105)$$

y α_e es el ángulo subtendido por la distancia de círculo máximo entre los puntos w y z que se expresa mediante la ecuación:

$$\alpha_e = \frac{d_{wz}}{a_e} \quad (106)$$

La distancia al vértice desde el punto w se calcula en función de cómo se represente la obstrucción, ya sea mediante una sola muestra de perfil o más de una:

Para una obstrucción de punto único:

$$d_{wv} = d_{wx} \quad (107)$$

Para una obstrucción multipunto es necesario protegerse contra valores muy pequeños de difracción:

$$d_{wv} = \frac{\left[\left(\frac{\alpha_z + \alpha_e}{2} \right) d_{wz} + h_z - h_w \right]}{0} \quad \text{para } \theta \cdot a_e \geq d_{xy} \quad (108a)$$

$$d_{wv} = \frac{(d_{wx} + d_{wy})}{2} \quad \text{para } \theta \cdot a_e < d_{xy} \quad (108b)$$

La distancia al punto z desde el punto del vértice se expresa mediante la ecuación:

$$d_{vz} = d_{wz} - d_{wv} \quad (109)$$

La altura del punto del vértice sobre el nivel del mar se calcula en función de cómo se represente la obstrucción, ya sea mediante una sola muestra de perfil o más de una.

Para una obstrucción de punto único:

$$h_v = h_x \quad (110)$$

Para una obstrucción multipunto:

$$h_v = \frac{d_{wv}\alpha_w + h_w + d_{2wv}}{2a_e} \quad (111)$$

2 Parámetros del cilindro

En esta etapa los parámetros del cilindro que se ilustran en la Fig. 8c) pueden calcularse para cada uno de los obstáculos del terreno definidos mediante el análisis de cuerda:

d_1 y d_2 son las distancias positivas entre los vértices a los obstáculos (o terminales) en los lados del transmisor y el receptor del obstáculo, respectivamente,

y:

$$h = h_v + \frac{d_{wv}d_{vz}}{2a_e} - \frac{(h_w d_{vz} + h_z d_{wv})}{d_{vz}} \quad (112)$$

Para calcular el radio del cilindro se recurre a dos muestras de perfil adicionales:

p : punto adyacente a x en el lado del transmisor

y:

q : punto adyacente a y en el lado del receptor.

De este modo, los índices de perfil p y q se expresan mediante la ecuación:

$$p = x - 1 \quad (113)$$

y:

$$q = y + 1 \quad (114)$$

Si un punto cuya expresión es p o q corresponde a un terminal, se considera que el valor correspondiente de h debe ser la altura del terreno en ese punto, y no la altura sobre el nivel del mar de la antena.

El radio del cilindro se calcula como el cociente entre la diferencia en pendiente entre la sección p - x e y - q del perfil, para tener en cuenta la curvatura de la Tierra, y la distancia entre p y q .

Las distancias entre las muestras de perfil que se necesitan para este cálculo son:

$$d_{px} = d_x - d_p \quad (115)$$

$$d_{yq} = d_q - d_y \quad (116)$$

$$d_{pq} = d_q - d_p \quad (117)$$

La diferencia en pendiente entre las secciones p - x e y - q del perfil se expresan en radianes mediante la ecuación:

$$t = \frac{(h_x - h_p)}{d_{px}} + \frac{(h_y - h_q)}{d_{yq}} - \frac{d_{pq}}{a_e} \quad (118)$$

donde a_e es el radio ficticio de la Tierra.

El radio del cilindro se expresa ahora mediante la ecuación:

$$R = \left[d_{pq} / t \right] \left[1 - \exp(-4v) \right]^3 \quad (119)$$

siendo v el parámetro adimensional de la arista en filo de cuchillo de la ecuación (32).

En la ecuación (119), el segundo factor es una función de suavizado empírica que se utiliza para el radio del cilindro a fin de evitar discontinuidades en obstrucciones con visibilidad directa marginales.

Adjunto 2 al Anexo 1

Pérdidas por difracción en el subtrayecto

1 Introducción

En este Adjunto se describe un método para calcular las pérdidas por difracción del subtrayecto para una subsección con visibilidad directa en un trayecto de difracción. El trayecto ha adoptado la forma de cilindros en cascada, cada uno de los cuales se caracteriza por puntos de perfil w , x , y y z como se ilustra en las Figs. 13 y 14. La difracción en el subtrayecto ha de calcularse para cada subsección en el trayecto global entre puntos representados por w y x , o por y y z . Estos puntos corresponden a las secciones con visibilidad directa en el trayecto entre obstrucciones, o entre un terminal y una obstrucción.

Asimismo, el método puede utilizarse para una visibilidad directa con difracción en el subtrayecto, en cuyo caso se aplica para el trayecto.

2 Método

Para una sección con visibilidad directa del perfil situado entre las muestras de perfil indexadas por u y v , la primera tarea que se ha de llevar a cabo es identificar la muestra de perfil entre u y v , ambas exclusive, que obstruyen la fracción más grande de la primera zona de Fresnel para un rayo que se desplaza desde u hasta v .

Para evitar escoger un punto que fundamentalmente forma parte de uno de los obstáculos del terreno ya modelado como un cilindro, el perfil que se encuentra entre los valores u y v se limita a una sección entre dos índices adicionales p y q , cuyos valores se fijan como sigue:

- Se fija $p = u + 1$.
- Si $p < v$ y $h_p > h_{p+1}$, se incrementa p en 1 y se repite.
- Se fija $q = v - 1$.
- Si $q > u$ y $h_q > h_{q-1}$, se incrementa q en 1 y se repite.

Si $p = q$ se considera que la pérdida por obstrucción del subtrayecto es igual a 0. De otro modo, se debe de efectuar el cálculo indicado a continuación.

En esta etapa, es necesario calcular el mínimo valor del índice libre de obstáculos normalizado, C_F , que viene dado por h_z/F_1 , donde las unidades homogéneas son:

h_z : altura del rayo sobre el punto de perfil

F_1 : radio de la primera zona de Fresnel.

El mínimo índice libre de obstáculos normalizado puede expresarse mediante la ecuación:

$$C_F = \min_{i=p}^q [(h_z)_i / (F_1)_i] \tag{120}$$

donde:

$$(h_z)_i = (h_r)_i - (h_t)_i \tag{121}$$

$$(F_1)_i = \sqrt{\lambda \cdot d_{ui} \cdot d_{iv} / d_{uv}} \tag{122}$$

$(h_r)_i$, la altura del rayo sobre la recta que une el nivel del mar en u y v en el i -ésimo punto de perfil viene dada por la expresión:

$$(h_r)_i = (h_u \cdot d_{iv} + h_v \cdot d_{ui}) / d_{uv} \tag{123}$$

$(h_t)_i$, la altura del terreno sobre la recta que une el nivel del mar en u y v en el i -ésimo punto de perfil viene dada por la expresión:

$$(h_t)_i = h_i + d_{ui} \cdot d_{iv} / 2a_e \tag{124}$$

El valor mínimo de la distancia con visibilidad directa normalizada se utiliza para calcular el parámetro geométrico de la difracción en una arista en filo de cuchillo para la obstrucción más significativa en un subtrayecto:

$$v = -C_F \cdot \sqrt{2} \tag{125}$$

La pérdida por difracción en el subtrayecto L'' se obtiene ahora partir de la ecuación (31) o la Fig. 9.

Para algunas aplicaciones puede no ser aconsejable incluir mejoras de la difracción en el subtrayecto. En este caso un valor de L'' debería fijarse en cero cuando en caso contrario sería negativo.

RECOMENDACIÓN UIT-R M.541-11*

Procedimientos de explotación para la utilización de equipos de llamada selectiva digital en el servicio móvil marítimo

(1978-1982-1986-1990-1992-1994-1995-1997-2004-2015-2023)

Cometido

En esta Recomendación se definen los procedimientos de explotación del equipo de (LLSD) cuyas características técnicas se indican en la Recomendación UIT-R M.493. Comprende seis Anexos. En los Anexos 1 y 2 aparecen las disposiciones y los procedimientos para las llamadas de socorro, urgencia y seguridad y para las llamadas de rutina, respectivamente. En los Anexos 3, 4, 5 y 6 se definen los procedimientos de explotación que deben aplicar los barcos, las estaciones costeras y los dispositivos de hombre al agua (MOB), y en el Anexo 7 se indican las frecuencias que han de utilizarse para la LLSD.

Palabras clave

Llamada selectiva digital, equipo, procedimientos de explotación, SMSSM, alerta de socorro

Abreviaturas/acrónimos

BQ	Fin de secuencia para un mensaje de acuse de recibo
CCS	Centro de coordinación de salvamento
DARM	Dispositivo autónomo de radiocomunicaciones marítimas
FEC	Corrección de errores en recepción (<i>forward error correction</i>)
HF	Ondas decamétricas (<i>high frequency</i>)
IDBE	Impresión directa de banda estrecha
ISM	Información de seguridad marítima
ISMM	Identidad del servicio móvil marítimo
kHz	Kilohercio
LLSD	Llamada selectiva digital
MF	Ondas hectométricas (<i>medium frequency</i>)
MHz	Megahercio
MOB	Hombre al agua (<i>man overboard</i>)
RQ	Acuse de recibo de fin de secuencia requerido
RR	Reglamento de Radiocomunicaciones
SCA	Sistema de conexión automática
SIA	Sistema de identificación automática
SMSSM	Sistema mundial de socorro y seguridad marítimos
SOLAS	Convenio Internacional sobre la seguridad de la vida humana en el mar
UTC	Tiempo Universal Coordinado (<i>coordinated universal time</i>)

* Esta Recomendación debe señalarse a la atención de la Organización Marítima Internacional (OMI) y del Sector de Normalización de las Telecomunicaciones (UIT-T).

VHF Ondas métricas (*very high frequency*)

Recomendaciones de la UIT conexas

Recomendación UIT-R M.493 – Sistema de llamada selectiva digital para el servicio móvil marítimo

Recomendación UIT-R M.585 – Asignación y uso de identidades del servicio móvil marítimo

Recomendación UIT-R M.689 – Sistema radiotelefónico marítimo internacional en ondas métricas con facilidades automáticas basadas en el formato de señalización de la llamada selectiva digital

Recomendación UIT-R M.1082 – Sistema radiotelefónico marítimo internacional en ondas hectométricas y decamétricas con facilidades automáticas basadas en el formato de señalización de llamada selectiva digital

Recomendación UIT-R M.1171 – Procedimientos de radiotelefonía en el servicio móvil marítimo

Recomendación UIT-R M.1371 – Características técnicas de un sistema de identificación automático mediante acceso múltiple por división en el tiempo en la banda de ondas métricas del servicio móvil marítimo

Recomendación UIT-R M.2135 – Características técnicas de los dispositivos autónomos de radiocomunicaciones marítimas que funcionan en la banda de frecuencias 156-162,05 MHz

La Asamblea de Radiocomunicaciones de la UIT,

considerando

- a) que el sistema de llamada selectiva digital (LLSD) se usará en la forma expuesta en la Recomendación UIT-R M.493;
- b) que las disposiciones del Capítulo IV del Convenio Internacional para la Seguridad de la Vida Humana en el Mar (SOLAS) de 1974, modificado, referentes al Sistema Mundial de Socorro y Seguridad Marítimos (SMSSM), se basan en la utilización de la LLSD con fines de alerta de socorro y llamada y que se necesitan procedimientos de explotación para la utilización de ese sistema;
- c) que los procedimientos de explotación en todas las bandas de frecuencias y para todos los tipos de telecomunicaciones debieran ser lo más similares posible;
- d) que el sistema de LLSD es el medio principal para transmitir alertas de socorro. Las disposiciones sobre transmisión de las alertas de socorro por otros métodos y procedimientos figuran en el Reglamento de Radiocomunicaciones (RR);
- e) que deben especificarse las condiciones en que se ha de accionar la alarma,

recomienda

- 1 que las características técnicas de los equipos utilizados para LLSD en el servicio móvil marítimo se ajusten a las Recomendaciones UIT-R pertinentes;
- 2 que en las bandas de ondas hectométricas, decamétricas y métricas se apliquen, para las llamadas selectivas digitales, los procedimientos de explotación que se exponen en el Anexo 1 para las llamadas de socorro, emergencia y seguridad y en el Anexo 2 para otros tipos de llamadas;
- 3 que se adopten disposiciones en las estaciones equipadas con sistema de LLSD para:
 - 3.1 introducir manualmente la información de dirección, tipo de llamada, categoría y diversos mensajes en una secuencia de LLSD;
 - 3.2 presentar la información en un formato legible por el usuario;
 - 3.3 comprobar y, en caso necesario, corregir tales secuencias formadas manualmente;
 - 3.4 disponer automáticamente la información cuando es posible;

3.5 disponer de una señal audible de alarma para señalar la recepción de una llamada de socorro o de urgencia o de una llamada con indicación de categoría «socorro», no debe ser posible poner fuera de servicio esta alarma. Deben establecerse disposiciones para asegurar que la reposición de la alarma sea únicamente manual;

3.6 indicación audible: es el término utilizado para describir una breve señal que finaliza automáticamente que se repite cada 30 segundos hasta la confirmación o finalización automática en un plazo de 5 minutos y que indica la recepción de una LLSL de una categoría distinta de socorro o urgencia o la repetición de una llamada de la categoría de socorro o urgencia previamente recibida;

3.7 que los indicadores ópticos señalan:

3.7.1 el tipo de dirección de la llamada recibida (a todas las estaciones, a un grupo de estaciones, a un grupo de estaciones que se encuentran en una zona geográfica determinada, a una estación individual);

3.7.2 la categoría de la llamada;

3.7.3 la identificación de la estación llamante;

3.7.4 la información de tipo numérico o alfanumérico; por ejemplo, información sobre frecuencias y telemando;

3.7.5 el tipo del carácter de «fin de secuencia»;

3.7.6 la detección de errores, en su caso;

4 que el equipo sea de manejo sencillo;

5 que se utilice como orientaciones para los barcos y las estaciones costeras, los procedimientos de explotación que figuran en los Anexos 3, 4 y 5, basadas en los procedimientos correspondientes de los Artículos **30, 31, 32 y 33** del Capítulo **VII**;

6 que las características operativas del sistema de conexión automática (SCA) se ajusten a lo dispuesto en el Anexo 5;

7 que las características operativas de los dispositivos MOB autónomos de radiocomunicaciones marítimas (DARM) del Grupo A se ajusten a lo dispuesto en el Anexo 6;

8 que las frecuencias utilizadas para LLSL son las indicadas en el Anexo 7 a la presente Recomendación.

NOTA 1 – En esta Recomendación se han utilizado las siguientes definiciones:

Frecuencia única: se utiliza la misma frecuencia para la transmisión y la recepción.

Frecuencias apareadas: frecuencias asociadas por pares; cada par está constituido por una frecuencia de transmisión y una frecuencia de recepción.

Frecuencias de LLSL internacionales: frecuencias previstas en el RR para su utilización exclusiva por la LLSL en el plano internacional.

Frecuencias de LLSL nacionales: frecuencias asignadas a estaciones costeras individuales o a un grupo de estaciones autorizadas a efectuar LLSL (puede incluir tanto frecuencias de trabajo como frecuencias de llamada). El uso de estas frecuencias debe ajustarse a lo dispuesto en el RR.

Explotación automática de la LLSL en una estación de barco: modo de explotación en el que se emplean transmisores y receptores de sintonización automática, adecuados para el servicio no atendido en el que se proporciona el acuse de recibo automático de las llamadas al recibir una LLSL y la transferencia automática a las frecuencias de trabajo apropiadas.

Tentativa de llamada: una secuencia de llamada, o un número limitado de secuencias, dirigidas a las mismas estaciones en una o varias frecuencias y dentro de un periodo de tiempo relativamente corto (por ejemplo, unos cuantos minutos). La tentativa de llamada se considera infructuosa si una frecuencia de llamada contiene el «acuse de recibo RQ» (símbolo N.º 117) al final de la secuencia y si no se recibe el acuse de recibo dentro de este periodo de tiempo.

ÍNDICE

	<i>Página</i>
Anexo 1 – Procedimientos de explotación para llamadas de socorro, urgencia y seguridad ..	7
A1-1 Introducción.....	7
A1-1.1 Método de llamada	7
A1-2 Alerta de socorro en la llamada selectiva digital.....	7
A1-3 Procedimientos para las alertas de socorro en llamada selectiva digital.....	7
A1-3.1 Transmisión por una unidad móvil en peligro	7
A1-3.2 Recepción	9
A1-3.3 Acuse de recibo de las alertas de socorro	9
A1-3.4 Retransmisiones de alertas de socorro.....	9
A1-4 Procedimientos para las llamadas de urgencia y seguridad en llamada selectiva digital.....	10
A1-5 Prueba de los equipos utilizados para llamadas de socorro y seguridad	10
Anexo 2 – Procedimientos de explotación para llamadas de rutina	10
A2-1 Frecuencias/canales	10
A2-1.2 Llamada internacional	10
A2-1.3 Llamada nacional.....	11
A2-1.4 Método de llamada	11
A2-2 Procedimientos de explotación.....	11
A2-2.1 La estación costera inicia la llamada a la estación de barco (véase la Nota 1)...	12
A2-2.2 Los siguientes procedimientos son aplicables a las estaciones de barco:.....	13
A2-2.3 La estación de barco inicia la llamada a la estación costera (véase la Nota 1)...	14
A2-2.4 La estación de barco inicia la llamada a la estación de barco.....	16
Anexo 3 – Procedimiento de explotación para barcos en lo que concierne a las comunicaciones de llamada selectiva digital en las bandas de ondas hectométricas, decamétricas y métricas.....	16
A3-1 Socorro	17
A3-1.1 Transmisión de una alerta de socorro en llamada selectiva digital.....	17
A3-1.2 Acuse de recibo de una alerta de socorro en LLSD.....	17
A3-1.3 Tráfico de socorro.....	18
A3-1.4 Transmisión de una retransmisión de alerta de socorro en llamada selectiva digital	18
A3-1.5 Acuse de recibo de una retransmisión de alerta de socorro en llamada selectiva digital recibida de una estación costera	19
A3-1.6 Acuse de recibo de una llamada de retransmisión de socorro en llamada selectiva digital recibida de otro barco	19
A3-1.7 Cancelación de una alerta de socorro involuntaria en llamada selectiva digital	19

Página

A3-2 Urgencia	20
A3-2.1 Transmisión de mensajes de urgencia	20
A3-2.2 Recepción de un mensaje de urgencia	21
A3-3 Seguridad.....	21
A3-3.1 Transmisión de mensajes de seguridad.....	21
A3-3.2 Recepción de un mensaje de seguridad	22
A3-4 Correspondencia pública	22
A3-4.1 Canales de llamada selectiva digital para la correspondencia pública	22
A3-4.2 Transmisión de una llamada selectiva digital para correspondencia pública a una estación costera o a otro barco	22
A3-4.3 Repetición de una llamada.....	22
A3-4.4 Acuse de una llamada recibida y preparación para la recepción del tráfico.....	23
A3-4.5 Recepción del acuse de recibo y acciones posteriores	23
A3-5 Prueba del equipo utilizado para las llamadas de socorro y seguridad	23
A3-6 Procedimientos y condiciones especiales para la comunicación en llamada selectiva digital en la banda de ondas decamétricas.....	24
A3-6.1 Mensajes de socorro	24
A3-6.2 Mensajes de urgencia.....	26
A3-6.3 Mensaje de seguridad	27
Anexo 4 – Procedimientos de explotación de estaciones costeras para las comunicaciones en llamada selectiva digital en las bandas de ondas hectométricas, decamétricas y métricas.....	28
A4-1 Comunicaciones de socorro (véase la Nota 1).....	28
A4-1.1 Recepción de una alerta de socorro en llamada selectiva digital.....	28
A4-1.2 Acuse de recibo de una alerta de socorro en llamada selectiva digital.....	28
A4-1.3 Transmisión de una retransmisión de alerta de socorro en llamada selectiva digital	29
A4-1.4 Recepción de una retransmisión de alerta de socorro.....	29
A4-2 Mensaje de urgencia	30
A4-2.1 Transmisión de un anuncio en llamada selectiva digital	30
A4-3 Mensaje de seguridad	30
A4-3.1 Transmisión de un anuncio en llamada selectiva digital	30
A4-4 Correspondencia pública	31
A4-4.1 Frecuencias/canales de llamada selectiva digital para la correspondencia pública.....	31
A4-4.2 Transmisión de una llamada desde una estación costera a un barco mediante llamada selectiva digital	31
A4-4.3 Repetición de una llamada.....	31
A4-4.4 Preparación para el intercambio de tráfico	31

A4-4.5 Acuse de recibo de una llamada selectiva digital recibida	32
A4-5 Llamadas de prueba mediante llamada selectiva digital	32
A4-6 Condiciones especiales y procedimientos para las comunicaciones de llamada selectiva digital en la banda de ondas decamétricas.....	32
A4-6.1 Comunicaciones de socorro	33
A4-6.2 Seguridad	33
Anexo 5 – Procedimientos de explotación de estaciones de barco y estaciones costeras para sistemas de conexión automáticos que utilicen la llamada selectiva digital en bandas de frecuencias hectométricas y decamétricas	34
A5-1 Frecuencias y método de llamada del sistema de conexión automática.....	36
A5-1.1 Frecuencias del sistema de conexión automática	36
A5-1.2 Método de llamada	36
A5-2 Procedimientos de explotación	36
A5-2.1 Exploración.....	36
A5-2.2 Estación llamante.....	36
A5-2.3 Estación llamada.....	37
A5-2.4 Identificación de frecuencia y respuesta a una estación llamante	38
A5-2.5 Selección de la frecuencia de trabajo.....	46
Anexo 6 – Dispositivos autónomos de radiocomunicaciones marítimas del Grupo A de hombre al agua que utilizan la llamada selectiva digital en ondas métricas para la alerta y la tecnología del sistema de identificación automática para el seguimiento	46
A6-1 Alerta de llamada selectiva digital.....	46
A6-2 Identificación	47
A6-3 Actualización de la posición.....	47
A6-4 Acuse de recibo	47
A6-5 Cancelación de una alerta de socorro involuntaria.....	47
Anexo 7 – Frecuencias utilizadas para la llamada selectiva digital.....	48

Anexo 1

Procedimientos de explotación para llamadas de socorro, urgencia y seguridad

A1-1 Introducción

Los elementos terrenales del SMSSM adoptado en virtud de las enmiendas de 1988 al Convenio Internacional SOLAS de 1974, se basan en la utilización de la LLSA para las comunicaciones de socorro, urgencia y seguridad.

A1-1.1 Método de llamada

Las disposiciones del Capítulo VII del RR son aplicables a la utilización de la LLSA en casos de socorro, urgencia y seguridad.

A1-2 Alerta de socorro en la llamada selectiva digital

La «alerta de socorro» de la LLSA proporciona los medios necesarios para la alarma, la identidad del servicio móvil marítimo (ISMM), la posición del barco, incluida la hora, y si se introduce la información, la naturaleza del peligro definidos en el RR (Véase el Capítulo VII del RR).

A1-3 Procedimientos para las alertas de socorro en llamada selectiva digital

A1-3.1 Transmisión por una unidad móvil en peligro

A1-3.1.1 El equipo de LLSA deberá poder ajustarse previamente para transmitir la alerta de socorro en una frecuencia de alarma, por lo menos.

A1-3.1.2 La alerta de socorro se compondrá de acuerdo con la Recomendación UIT-R M.493. Aunque el equipo puede ser capaz de incluir automáticamente información sobre la posición del barco y la hora en que esa posición era válida si esa información no está disponible para el equipo el operador debe introducir manualmente la posición del barco y la hora en que esa posición era válida. Se introducirá, en su caso, la naturaleza del peligro.

A1-3.1.3 Tentativa de alerta de socorro

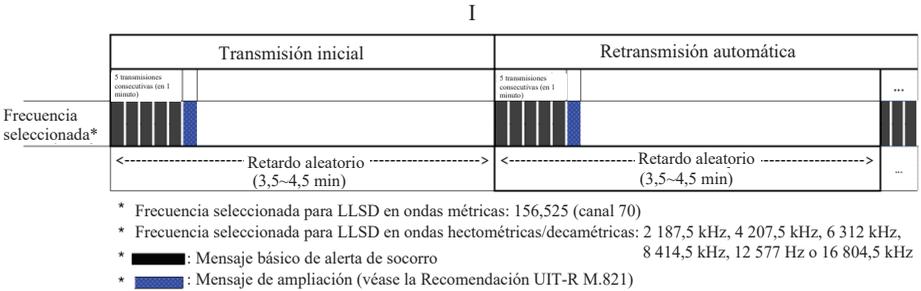
En ondas hectométricas y decamétricas, una tentativa de alerta de socorro debe utilizar por defecto la tentativa de llamada de múltiples frecuencias (véase § A3-6), no obstante, cuando lo prefiera el operador puede utilizarse el intento de llamada en una sola frecuencia. Una tentativa de alerta de socorro en ondas métricas sólo puede utilizar la tentativa de llamada en una sola frecuencia.

A1-3.1.3.1 Tentativa de llamada en una sola frecuencia

Una tentativa de alerta de socorro debe transmitirse como cinco llamadas consecutivas en una frecuencia. Para evitar la colisión de la llamada y la pérdida de acuse de recibo, esta tentativa de llamada puede transmitirse de nuevo en la misma frecuencia tras una espera comprendida entre 3½ y 4½ min desde el comienzo de la llamada inicial. Esto permite recibir los acuses de recibo que lleguen aleatoriamente sin quedar bloqueados por la retransmisión. La espera aleatoria debe generarse automáticamente para cada transmisión repetida, pero debe ser posible efectuar manualmente la repetición automática.

Las tentativas de llamada en una sola frecuencia para ondas hectométricas/decamétricas pueden repetirse en frecuencias distintas tras una espera comprendida entre 3 ½ y 4 ½ min desde el comienzo de la llamada inicial. Sin embargo, si una estación puede recibir acuses de recibo continuamente en todas las frecuencias de socorro salvo la frecuencia de transmisión utilizada, las tentativas de llamada en una sola frecuencia pueden repetirse en frecuencias distintas sin esta demora.

FIGURA A1-1
Tentativa de llamada en una sola frecuencia

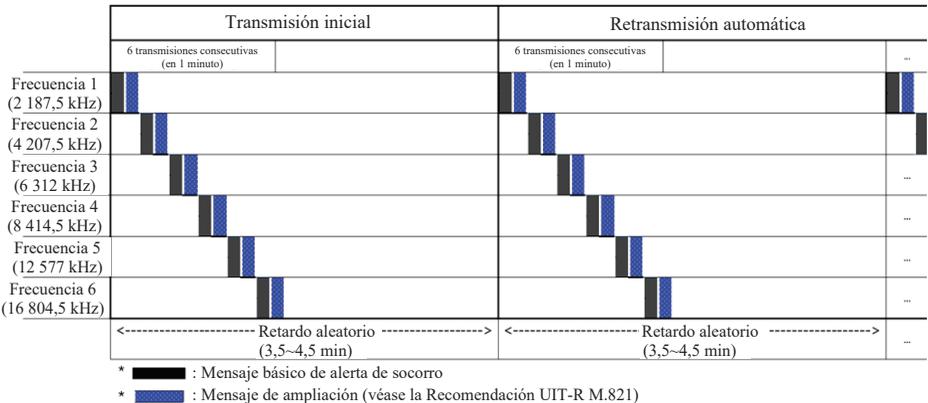


A1-3.1.3.2 Tentativa de llamada en múltiples frecuencias

Una tentativa de alerta de socorro puede transmitirse como hasta 6 llamadas consecutivas dispersas en un máximo de 6 frecuencias de socorro (1 en ondas hectométricas y 5 en ondas decamétricas). Una llamada en ondas métricas puede transmitirse simultáneamente con una llamada en ondas hectométricas/decamétricas. Las estaciones que transmiten tentativas de alerta de socorro en múltiples frecuencias deben poder recibir acuses de recibo continuamente en todas las frecuencias salvo en la frecuencia transmisora utilizada, o poder completar la tentativa de llamada en 1 min.

Las tentativas de llamada en múltiples frecuencias pueden repetirse después de una espera aleatoria de 3 ½ a 4 ½ min desde el comienzo de la tentativa de llamada previa.

FIGURA A1-2
Tentativas de llamadas en múltiples frecuencias



A1-3.1.4 Comunicaciones de socorro

En caso de peligro el operador debe transmitir una alerta de socorro como la descrita en el Anexo 3.

A1-3.2 Recepción

El equipo de LLSD, excepto los dispositivos MOB AMRD del Grupo A, debe estar en condiciones de mantenerse en escucha fiable las 24 horas del día en frecuencias de alarma de LLSD apropiadas.

A1-3.3 Acuse de recibo de las alertas de socorro

Los acuses de recibo de las alertas de socorro se iniciarán manualmente.

Los acuses de recibo de la LLSD deben transmitirse en la misma frecuencia en que se recibe la alerta de socorro.

A1-3.3.1 Normalmente sólo deben acusar recibo de las alertas de socorro por LLSD de las estaciones costeras apropiadas. Además, las estaciones costeras deben ponerse a la escucha en las frecuencias asociadas a la frecuencia en que se ha recibido la alerta de socorro.

A1-3.3.2 Los acuses de recibo de las alertas de socorro LLSD transmitidas por ondas hectométricas o decamétricas deben iniciarse tras una espera mínima de 1 min después de recibir una alerta de socorro, normalmente con una demora máxima de $2\frac{1}{3}$ min. Esto permite completar todas las llamadas de una tentativa de llamada en una sola frecuencia o en múltiples frecuencias, y debe dar a las estaciones costeras tiempo suficiente para responder a la alerta de socorro. Los acuses de recibo en ondas métricas deben transmitirse lo antes posible.

A1-3.3.3 El acuse de recibo de alerta de socorro consiste en una sola LLSD de acuse de recibo de alerta de socorro y que incluye automáticamente la ISMM del barco que ha efectuado la alerta de socorro.

A1-3.3.4 Al recibir una alerta de socorro LLSD de otro barco, los barcos deben ponerse a la escucha en la frecuencia asociada de tráfico radiotelefónico de socorro y seguridad a fin de recibir los mensajes y llamadas de socorro subsiguientes. El acuse de recibo de una alerta de socorro LLSD de otro barco debe realizarse por radiotelefonía, después de un breve periodo de tiempo de forma que la estación costera pueda acusar recibo en primera instancia (véanse los números **32.28** a **32.35** del RR).

A1-3.3.5 La retransmisión automática de una tentativa de alerta de socorro debe terminarse automáticamente al recibir un acuse de recibo de alerta de socorro LLSD.

A1-3.4 Retransmisiones de alertas de socorro

Las retransmisiones de alertas de socorro deben iniciarse manualmente.

A1-3.4.1 En las retransmisiones de alertas de socorro debe utilizarse el formato de llamada para retransmisiones de alertas de socorro especificado en la Recomendación UIT-R M.493 y en la tentativa de llamada debe seguirse el procedimiento descrito en los § A1-3.1.3 a A1-3.1.3.2 para las alertas de socorro, salvo si la retransmisión de socorro se envía como llamada única manualmente, en una única frecuencia. Las estaciones de barco que no disponen de la función de retransmisión de alertas de socorro de la LLSD deben retransmitir la alerta por radiotelefonía.

A1-3.4.2 Todo barco que reciba en un canal de ondas decamétricas una alerta de socorro de la que no acuse recibo una estación costera en el plazo de 5 min, debe retransmitir una alerta de socorro individual dirigida a la estación costera o centro de coordinación de rescate correspondiente.

A1-3.4.3 El acuse de recibo de retransmisiones de alerta de socorro transmitidas por estaciones costeras, o por estaciones de barco dirigidas a más de un barco deben efectuarlo las estaciones de barco que utilizan radiotelefonía. Cuando una estación de barco retransmite una alerta de socorro,

una estación costera debe acusar recibo transmitiendo una llamada «de acuse de recibo de retransmisión de alerta de socorro» de acuerdo con los procedimientos para los acuses de recibo de llamadas de socorro indicados en los § A1-3.3 a A1-3.3.3.

A1-4 Procedimientos para las llamadas de urgencia y seguridad en llamada selectiva digital

A1-4.1 Debe utilizarse la LLSA, en las frecuencias de llamada de socorro y seguridad, por las estaciones costeras para avisar a los barcos, y por los barcos para avisar a las estaciones costeras y/o de barco que van a transmitirse mensajes de urgencia, vitales para la navegación, o de seguridad, excepto cuando las transmisiones se efectúen a las horas habituales. Debe indicarse en la llamada la frecuencia de trabajo que se utilizará para la transmisión subsiguiente de un mensaje de urgencia, vital para la navegación o de seguridad.

A1-4.2 El anuncio y la identificación de transportes sanitarios debe efectuarse por transmisión LLSA, utilizando frecuencias apropiadas de llamadas de socorro y seguridad. Esas llamadas deben utilizar el formato de llamada para una llamada de urgencia del tipo de transporte sanitario y deben dirigirse a todos los barcos en ondas métricas y a la zona geográfica en ondas hectométricas/decamétricas.

A1-4.3 Los procedimientos de explotación para las llamadas de urgencia y seguridad deben cumplir lo dispuesto en las partes pertinentes de los § A3-2, A3-3, A3-6, A4-2, A4-3 y A4-6.

A1-5 Prueba de los equipos utilizados para llamadas de socorro y seguridad

La prueba en las frecuencias de llamada exclusivas para socorro y seguridad LLSA debe limitarse en la medida de lo posible. Las llamadas de prueba LLSA deben ser conformes con la Recomendación UIT-R M.493 y la estación llamada debe acusar recibo de la llamada. Normalmente no habrá otra comunicación entre las dos estaciones participantes.

Anexo 2

Procedimientos de explotación para llamadas de rutina

A2-1 Frecuencias/canales

A2-1.1 En general, deberán utilizarse frecuencias apareadas en ondas hectométricas y decamétricas en cuyo caso se transmite un acuse de recibo en la frecuencia apareada con la frecuencia de la llamada recibida. En casos excepcionales para fines nacionales, puede utilizarse una sola frecuencia. Si se recibe la misma llamada por varios canales de llamada, se escogerá la más apropiada para transmitir el acuse de recibo. En ondas métricas debe utilizarse un canal de una sola frecuencia.

A2-1.2 Llamada internacional

Para la LLSA internacional en ondas decamétricas deben emplearse las frecuencias apareadas indicadas en el Apéndice 17 al RR y en el Anexo 6 a la presente Recomendación.

A2-1.2.1 Las frecuencias para LLSA internacionales en ondas hectométricas y decamétricas deben utilizarse únicamente para llamadas costera-barco, y para los acuses de recibo asociados procedentes de barcos provistos de equipo digital automático de llamada selectiva, cuando se tenga conocimiento

de que los barcos a los que están dirigidas no están a la escucha en las frecuencias nacionales de la estación costera.

A2-1.2.2 Todas las LLSD barco-costera en ondas hectométricas y decamétricas deben preferentemente efectuarse en frecuencias nacionales de la estación costera.

A2-1.3 Llamada nacional

Las estaciones costeras deben evitar la utilización de las frecuencias de LLSD internacionales para llamadas que puedan efectuarse utilizando frecuencias nacionales.

A2-1.3.1 Las estaciones de barco deben mantener la escucha en los canales internacionales y nacionales apropiados. (Se adoptarán las medidas oportunas para que el nivel de carga de los distintos canales nacionales e internacionales sea uniforme).

A2-1.3.2 Se encarece a las administraciones que estudien métodos y acuerden procedimientos para mejorar la utilización de los canales de LLSD disponibles, por ejemplo:

- utilización coordinada y/o conjunta de transmisores de estaciones costeras;
- optimización de la probabilidad de éxito de las llamadas proporcionando información a barcos sobre las frecuencias (canales) adecuadas que deberán ser objeto de escucha y recibiendo información procedente de barcos y destinada a determinadas estaciones costeras sobre el canal objeto de escucha.

A2-1.4 Método de llamada

A2-1.4.1 Los procedimientos que se establecen en este punto son aplicables en la utilización de las técnicas de LLSD, salvo en los casos de socorro, urgencia o seguridad, en los que se aplican las disposiciones del Capítulo VII del RR.

A2-1.4.2 La llamada deberá contener información que indique a qué estación o estaciones se dirige la llamada, y la identificación de la estación que llama.

A2-1.4.3 La llamada debe contener igualmente información que indique el tipo de comunicación a establecer y puede incluir información suplementaria, tal como la frecuencia o canal de trabajo que se propone, información que deberá estar siempre incluida en las llamadas de las estaciones costeras, que tendrán prioridad a tales fines.

A2-1.4.4 Para la llamada se utilizará un canal de LLSD apropiado, escogido de conformidad con las disposiciones de los números **52.128** a **52.137** o de los números **52.145** a **52.153** del RR.

A2-2 Procedimientos de explotación

El formato técnico de la secuencia de llamada se ajustará a la Recomendación UIT-R M.493.

La respuesta a una LLSD que solicite un acuse de recibo se efectuará transmitiendo un acuse de recibo apropiado mediante LLSD.

Los acuses de recibo pueden iniciarse de forma manual o automática. Cuando un acuse de recibo puede transmitirse de manera automática, se hará de acuerdo con la Recomendación UIT-R M.493.

El formato técnico de la secuencia de acuse de recibo se ajustará a la Recomendación UIT-R M.493.

Para la comunicación entre una estación costera y una estación de barco, la estación costera será quien decide qué canal o frecuencia de trabajo debe utilizarse.

El curso del tráfico y el control del funcionamiento para radiotelefonía se efectuarán de acuerdo con las disposiciones de la Recomendación UIT-R M.1171.

A2-2.1 La estación costera inicia la llamada a la estación de barco (véase la Nota 1)

Si debe llamar a una estación de barco, la estación costera selecciona la ISMM apropiada, la banda de frecuencias y el emplazamiento del transmisor, si están disponibles.

NOTA 1 – Véanse más detalles sobre los procedimientos aplicables únicamente a los servicios automáticos en las Recomendaciones UIT-R M.689 y UIT-R M.1082.

A2-2.1.1 La estación costera compone la llamada en la forma siguiente:

- especificador de formato;
- dirección del barco (ISMM);
- categoría de la llamada;
- autoidentificación (ISMM) de la estación costera, que se incluye automáticamente;
- información de telemando;
- información sobre la frecuencia de trabajo en la parte mensaje de la secuencia, si corresponde;
- generalmente la señal «acuse de recibo RQ» (símbolo N.º 117) de «fin de secuencia». Sin embargo, si la estación costera sabe que la estación de barco no puede responder o si la llamada está dirigida a un grupo de barcos, la señal de fin de secuencia es 127, en cuyo caso no se aplican los procedimientos que siguen (§ A2-2.2) relativo a un accuse de recibo.

A2-2.1.2 La estación costera verifica la secuencia de llamada.

La llamada deberá transmitirse una sola vez en un solo canal o frecuencia de llamada apropiados. Únicamente en casos excepcionales se empleará la transmisión simultánea en más de una frecuencia.

A2-2.1.3 El operador de la estación costera elige las frecuencias de llamada más adecuadas para la posición del barco.

A2-2.1.3.1 La estación costera inicia la transmisión de la secuencia en una de las frecuencias elegidas. La transmisión en cualquier frecuencia dada debe limitarse a un máximo de dos secuencias de llamada separadas por intervalos de 45 s por lo menos para permitir la recepción de un accuse de recibo del barco.

A2-2.1.3.2 Cuando proceda, podrá transmitirse una «tentativa de llamada», que pueda comprender la transmisión de la misma secuencia de llamada en otras frecuencias (en caso necesario, cambiando la información de la frecuencia de trabajo para que corresponda a la misma banda que la frecuencia de llamada) hecha también a intervalos no inferiores a 5 min y del modo indicado en el § A2-2.1.8.1.

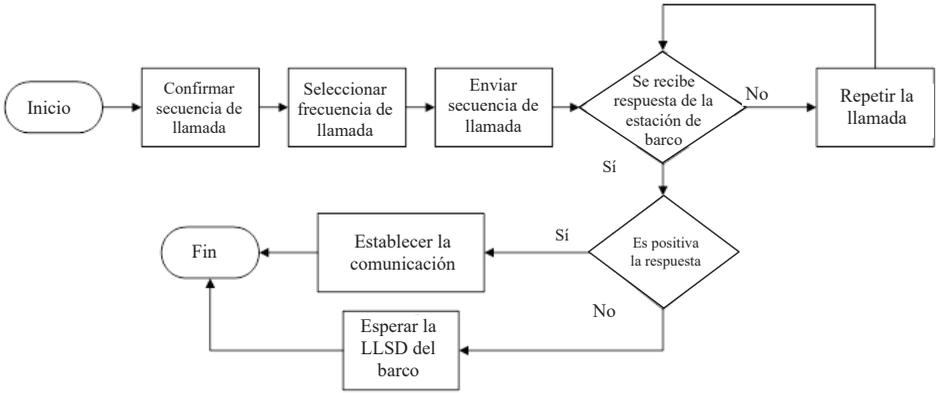
A2-2.1.4 Al recibir un accuse de recibo, deber cesar la transmisión de la secuencia de llamada.

Si el accuse de recibo es positivo, la estación costera se preparará para la transmisión de tráfico en el canal o frecuencia de trabajo propuesto. Si el accuse de recibo es negativo, la estación costera debe esperar la llamada de la estación de barco.

A2-2.1.5 Cuando una estación llamada no responda, la tentativa de llamada no debe repetirse normalmente hasta transcurrido un intervalo de 10 min por lo menos. El tiempo total de ocupación de las frecuencias por una tentativa de llamada no debe normalmente rebasar 1 min.

FIGURA A2-1

Procedimiento para una estación costera que inicia una llamada a una estación de barco



A2-2.2 Los siguientes procedimientos son aplicables a las estaciones de barco:

A2-2.2.1 Al recibir una secuencia de llamada en la estación de barco, debe visualizarse el mensaje recibido.

A2-2.2.2 Cuando una secuencia de llamada recibida contenga una señal de fin de secuencia «acuse de recibo RQ» (símbolo N.º 117), se compondrá una secuencia de accuse de recibo que se transmitirá. El especificador de formato y la información sobre categoría deberán ser idénticos a los de la secuencia de llamada recibida.

A2-2.2.3 Si la estación de barco no está equipada para el funcionamiento automático de LLSD, el operador del barco inicia el accuse de recibo a la estación costera después de 5 s pero antes de que transcurran los 4½ min siguientes a la secuencia de llamada. No obstante, la secuencia transmitida debe contener una señal «acuse de recibo BQ» (símbolo N.º 122), en lugar de la señal «acuse de recibo RQ» (símbolo N.º 117) de fin de secuencia.

Si ese accuse de recibo no puede transmitirse en el plazo de 5 min a partir de la recepción de la secuencia de llamada, la estación de barco debe transmitir en su lugar una secuencia de llamada a la estación costera utilizando el procedimiento de llamada barco-costera indicado en el § A2-2.2.

A2-2.2.4 Si el barco está equipado para el funcionamiento automático de LLSD, la estación de barco transmite automáticamente un accuse de recibo con una señal «acuse de recibo BQ» (símbolo N.º 122) de fin de secuencia. El comienzo de la transmisión de esta secuencia de accuse de recibo debe realizarse en el plazo de 30 s, para ondas hectométricas y decamétricas, o de 3 s para ondas métricas después de recibirse la secuencia de llamada completa.

A2-2.2.5 Si el barco está en condiciones de responder inmediatamente, la secuencia de accuse de recibo debe incluir una señal de telemando idéntica a la recibida en la secuencia de llamada, indicando que está en condiciones de responder.

Si en la llamada no se ha propuesto ninguna frecuencia de trabajo, la estación de barco debe incluir una propuesta al respecto en su accuse de recibo.

A2-2.2.6 Si el barco no puede responder inmediatamente, la secuencia de accuse de recibo debe incluir una primera señal de telemando «incapaz de responder» (símbolo N.º 104) con una segunda señal de telemando que proporcione información adicional (véase la Recomendación UIT-R M.493).

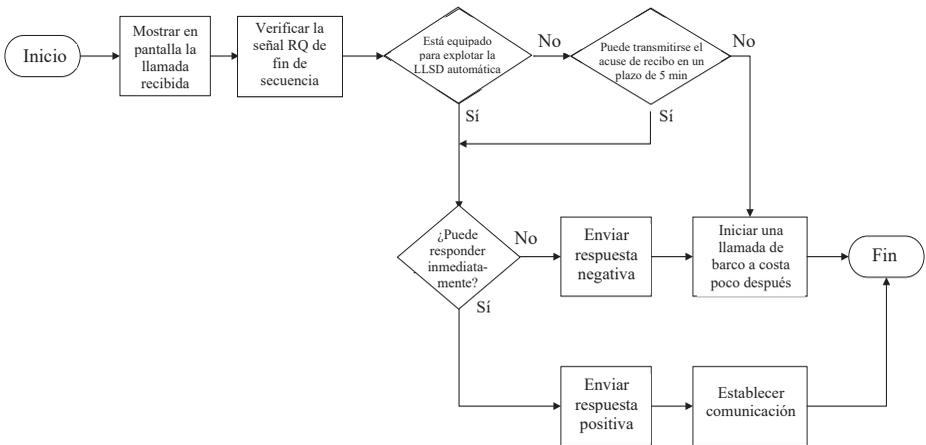
Posteriormente, cuando el barco esté en condiciones de aceptar el tráfico ofrecido, la estación de barco inicia la llamada a la estación costera utilizando los procedimientos de llamada barco-costera que se detallan en el § A2-2.3.

A2-2.2.7 Si se acusa recibo de una llamada indicando la posibilidad de responder inmediatamente y se establece la comunicación entre la estación costera y la estación de barco en el canal de trabajo convenido, se considerará completado el procedimiento de LLSD.

A2-2.2.8 Si la estación de barco transmite un acuse de recibo que no es recibido por la estación costera, la estación costera repetirá la llamada (de conformidad con el § A2-2.1.5). En este caso, la estación de barco debe transmitir un nuevo acuse de recibo.

FIGURA A2-2

Procedimiento para una estación de barco que recibe una llamada de una estación costera



A2-2.3 La estación de barco inicia la llamada a la estación costera (véase la Nota 1)

Este procedimiento deberá aplicarse tanto como respuesta retardada a una llamada recibida anteriormente de la estación costera (véase el § A2-2.2.2) como para iniciar tráfico a partir de la estación de barco.

NOTA 1 – Para más detalles sobre los procedimientos aplicables únicamente a los servicios automático, véanse las Recomendaciones UIT-R M.689 y UIT-R M.1082.

A2-2.3.1 La estación de barco compone la llamada como sigue:

- especificador de formato;
- dirección de la estación costera (ISMM);
- categoría de la llamada (rutinaria por defecto);
- inclusión automática de la autoidentificación (ISMM) de la estación de barco;
- información de telemando;
- información sobre la frecuencia de trabajo o posición (para bandas de ondas hectométricas/decamétricas solamente) en la parte mensaje de la secuencia, si corresponde;
- número de teléfono requerido (solamente para conexiones automáticas);
- normalmente la señal de «fin de secuencia» «acuse de recibo RQ» (símbolo N.º 117).

A2-2.3.2 La estación de barco verifica la secuencia de llamada.

A2-2.3.3 La estación de barco selecciona la frecuencia de llamada única más adecuada utilizando preferentemente los canales de llamada de la estación costera asignados en el plano nacional, a cuyo efecto enviará una sola secuencia de llamada en la frecuencia seleccionada.

A2-2.3.4 Si la estación llamada no responde, normalmente la secuencia de llamada de la estación de barco no debe repetirse hasta que haya transcurrido un intervalo de 5 min, por lo menos, para conexiones manuales, o de 5 s o 25 s en el caso de conexiones automáticas en ondas métricas o en ondas hectométricas y decamétricas respectivamente. Estas repeticiones podrán hacerse en frecuencias alternativas, cuando proceda. No deben efectuarse repeticiones a la misma estación costera hasta transcurrido un intervalo de 15 min, por lo menos.

A2-2.3.5 La estación costera debe transmitir un acuse de recibo, tras una demora de 5 s por lo menos, pero no después de 4½ min para conexiones manuales, o, en el plazo de 3 s para conexiones automáticas, que contenga el especificador de formato, la dirección del barco (ISMM), la categoría de la llamada, la autoidentificación de la estación costera y:

- si está en condiciones de responder inmediatamente en la frecuencia de trabajo propuesta, la misma información de telemando y de frecuencia contenida en la petición de comunicación;
- si la estación de barco no sugiere ninguna frecuencia de trabajo, la secuencia de acuse de recibo debe incluir una propuesta de canal/frecuencia;
- si no está en condiciones de responder en la frecuencia de trabajo propuesta pero puede responder inmediatamente en otra frecuencia, la misma información de telemando que en la petición de llamada pero una frecuencia de trabajo distinta;
- si no está en condiciones de responder inmediatamente, la primera señal de telemando «incapaz de responder» (símbolo N.º 104) con una segunda señal de telemando que proporcione información adicional. Para conexiones manuales solamente, esta segunda señal de telemando puede incluir una indicación de cola.

También debe incluirse la señal «acuse de recibo BQ» (símbolo N.º 122) de fin de secuencia.

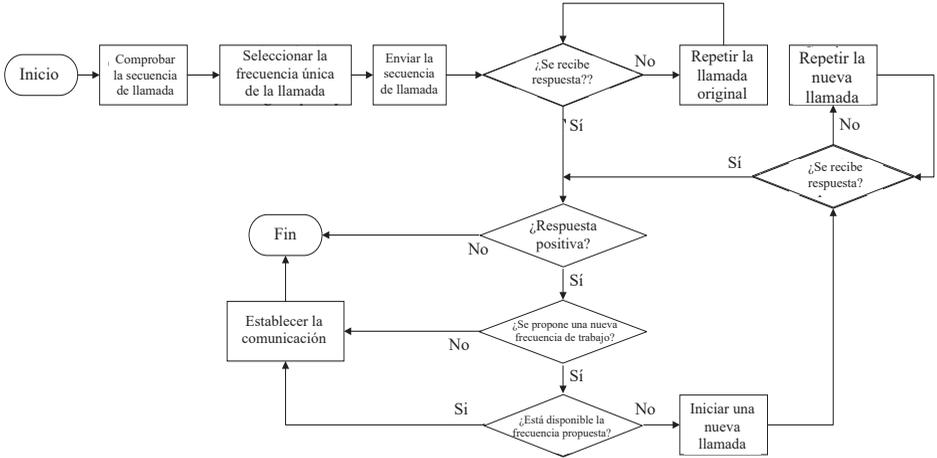
A2-2.3.6 En conexiones manuales, si se propone una frecuencia de trabajo distinta, de acuerdo con el § A2-2.3.5, pero dicha frecuencia no es aceptable para la estación de barco, esta estación debe transmitir inmediatamente una nueva llamada solicitando una nueva frecuencia.

A2-2.3.7 Si se recibe un acuse de recibo no debe volverse a transmitir la misma secuencia de llamada. Al recibir un acuse de recibo se indica que la capacidad de cumplir los procedimientos de LLSD están completos y que tanto la estación costera como la estación de barco deben comunicar en las frecuencias de trabajo convenidas, sin nuevo intercambio de LLSD.

A2-2.3.8 Si la estación costera transmite un acuse de recibo que no es recibido en la estación de barco, la estación de barco debe repetir la llamada de conformidad con el § A2-2.3.4.

FIGURA A2-3

Procedimiento para una estación de barco que inicia una llamada de una estación costera



A2-2.4 La estación de barco inicia la llamada a la estación de barco

Los procedimientos barco a barco deben ser similares a los indicados en el § A2-2.3 cuando la estación de barco receptora se ajusta a los procedimientos indicados para las estaciones costeras, de la forma adecuada, salvo que, con respecto al § A2-2.3.1, el barco que llama debe insertar siempre información sobre la frecuencia de trabajo en la parte del mensaje de la secuencia de llamada.

Anexo 3

Procedimiento de explotación para barcos en lo que concierne a las comunicaciones de llamada selectiva digital en las bandas de ondas hectométricas, decamétricas y métricas

Introducción

En los § A3-1 a A3-5 se describen los procedimientos para las comunicaciones de LLSD en ondas hectométricas y métricas.

Los procedimientos para las comunicaciones de LLSD en ondas decamétricas son generalmente los mismos que en ondas hectométricas y métricas. En el § A3-6 se indican las condiciones especiales que deben tenerse en cuenta cuando se establezcan comunicaciones de LLSD en ondas decamétricas.

A3-1 Socorro

A3-1.1 Transmisión de una alerta de socorro en llamada selectiva digital

Debe transmitirse una alerta de socorro si, en opinión del capitán, el barco o una persona se encuentran en peligro y requieren ayuda inmediata.

Una alerta de socorro en LLSA debe incluir, en la medida de lo posible, la última posición conocida del barco y la hora en que es válida (en UTC). La posición y la hora deberían ser incluidas automáticamente por el equipo de navegación del barco. Si esa información no estuviera incluida debería insertarse de forma manual.

El intento de alerta de socorro en LLSA se transmite de la forma siguiente:

- se sintoniza el transmisor al canal de socorro en LLSA (2 187,5 kHz en ondas hectométricas, el canal 70 en ondas métricas) si no lo hace automáticamente la estación de barco.
- si hay tiempo para ello, se tecléa o se selecciona en el equipo de LLSA:
 - la naturaleza del peligro,
 - la última posición conocida del barco (latitud y longitud) si no está indicada automáticamente,
 - la hora en que la posición era válida (en UTC) si no está indicada automáticamente,
 - el tipo de la comunicación de socorro subsiguiente (telefonía),

de acuerdo con las instrucciones proporcionadas por el fabricante del equipo de LLSA;

- se transmite la alerta de socorro en LLSA;
- se preparan los equipos para los siguientes tráficos de socorro sintonizando el transmisor y el receptor de radiotelefonía al canal de tráfico de socorro en la misma banda; es decir, 2 182 kHz en ondas hectométricas o el canal 16 en ondas métricas, a la espera de recibir el acuse de recibo del mensaje de socorro en LLSA.

A3-1.2 Acuse de recibo de una alerta de socorro en LLSA

Los barcos que reciban alertas de socorro en LLSA de otro barco no deben acusar normalmente recibo de la alerta mediante una LLSA, ya que el acuse de recibo de una alerta de socorro en LLSA mediante una LLSA sólo lo realizan normalmente las estaciones costeras o el centro de coordinación de salvamento. (Véase el § A1-3.3.4 y el § A3-6.1.4).

Si una estación de barco sigue recibiendo una alerta de socorro LLSA en un canal de ondas hectométricas o métricas, debe transmitirse un acuse de recibo LLSA únicamente tras consultar con una estación costera o un centro de coordinación de salvamento que indiquen que se ha de proceder así.

Los barcos que reciben una alerta de socorro en LLSA procedente de otro barco deben aplazar el acuse de recibo de la alerta durante un breve intervalo de tiempo si el barco se encuentra dentro de la zona cubierta por una o más estaciones costeras para dar tiempo a que sea una de ellas la que primero acuse recibo de la alerta de socorro en LLSA.

Los barcos que reciben una alerta de socorro en LLSA de otros barcos deberán:

- estar atentos a la recepción de un acuse de recibo de alerta de socorro por el canal de socorro (2 187,5 kHz en ondas kilométricas y el canal 70 en ondas métricas);
- prepararse para recibir la comunicación de socorro siguiente sintonizando el receptor de radiotelefonía a la frecuencia de tráfico de socorro en la misma banda en la que se recibió la alerta de socorro en LLSA; es decir, 2 182 kHz en ondas hectométricas o el canal 16 en ondas métricas;

- de conformidad con lo dispuesto en el número **32.23** del RR, acusar recibo de la alerta de socorro transmitiendo un mensaje por radiotelefonía en la frecuencia de tráfico de socorro de la misma banda en la que se recibió la alerta de socorro en LLSD (es decir 2 182 kHz en ondas hectométricas o el canal 16 en ondas métricas).

A3-1.3 Tráfico de socorro

Al recibir un acuse de recibo de una señal de socorro en LLSD, el barco en peligro debe iniciar el tráfico de socorro por radiotelefonía en la frecuencia de tráfico de socorro (2 182 kHz en ondas hectométricas o el canal 16 en ondas métricas) de conformidad con lo dispuesto en los números **32.13C** y **32.13D** del RR.

A3-1.4 Transmisión de una retransmisión de alerta de socorro en llamada selectiva digital

A3-1.4.1 Transmisión de una retransmisión de llamada de socorro en llamada selectiva digital a la recepción de una alerta de socorro en llamada selectiva digital

En ningún caso se permite a un barco retransmitir a todos los barcos una alerta de socorro LLSD al recibir una alerta de socorro LLSD en canales de ondas métricas o hectométricas. Si no hay vigilancia en audio por el canal relativo (2 182 kHz en ondas hectométricas, canal 16 de ondas métricas), se debe contactar con la estación costera o el centro de coordinación de salvamento enviando una llamada individual de retransmisión de alerta de socorro en LLSD.

La retransmisión de alerta de socorro en LLSD se realiza de la forma siguiente:

- se selecciona el formato de la retransmisión de socorro en el equipo de LLSD;
- se teclea o se selecciona en el equipo de LLSD:
 - la dirección (ISMM) de la estación costera o el centro de coordinación de salvamento adecuado;
 - el contenido de la alerta de socorro en LLSD recibida del barco en peligro (incluida automáticamente), es decir, la ISMM de la estación de barco en peligro, naturaleza del peligro, información sobre la posición y hora y tipo de comunicación subsiguiente;
- se transmite la retransmisión la alerta de socorro en LLSD;
- se prepara para la transmisión del tráfico de socorro siguiente sintonizando el transmisor y el receptor de radiotelefonía al canal del tráfico de socorro en la misma banda, es decir, 2 182 kHz en ondas hectométricas y el canal 16 en ondas métricas, mientras se espera el acuse de recibo de la alerta de socorro en LLSD.

A3-1.4.2 Transmisión de una retransmisión de una llamada de socorro en llamada selectiva digital en nombre de otro

Un barco consciente de la situación de peligro en que se encuentra otro barco debe transmitir una retransmisión de alerta de socorro en LLSD si:

- el propio barco en peligro no es capaz de transmitir por sí mismo la alerta de socorro;
- el capitán del barco considera que se necesita más ayuda.

De conformidad con el número **32.19B** del RR, la retransmisión de una alerta de socorro en LLSD en nombre de otro debe dirigirse preferiblemente a una estación costera o un centro de coordinación de salvamento.

La retransmisión de alerta de socorro en LLSD se transmite de la forma siguiente:

- se selecciona el formato de retransmisión de alerta de socorro en el equipo de LLSD;

- se tecllea o se selecciona en el equipo de LLSD:
 - la ISMM (identidad de 9 cifras) de la estación costera adecuada o, en circunstancias especiales, llamada a todos los barcos (ondas métricas) o llamada de zona geográfica (ondas hectométricas/decamétricas),
 - la ISMM (identidad de 9 cifras) del barco en peligro, si se conoce,
 - la naturaleza del peligro, si se conoce,
 - la última posición del barco en peligro, si se conoce,
 - la hora en que la posición era válida (en UTC) si se conoce,
 - el tipo de la comunicación de socorro subsiguiente (telefonía);
- se transmite la retransmisión de alerta de socorro en LLSD;
- se prepara para el tráfico de tráfico de socorro siguiente sintonizando el transmisor y el receptor de radiotelefonía al canal de tráfico de socorro en la misma banda, es decir, 2 182 kHz en ondas hectométricas y el canal 16 en ondas métricas, mientras se espera el acuse de recibo de la alerta de socorro.

Cuando la función de llamada de transmisión de alerta de socorro en LLSD no se ha implementado como LLSD de clase D o clase E, la alerta de socorro debe transmitirse mediante radiotelefonía a la estación costera o centro de coordinación de salvamento adecuado, con arreglo a las disposiciones del número **32.19E** del RR cuando en un plazo de 5 minutos no se reciba acuse de recibo de la alerta de socorro en LLSD en una estación costera o en otra estación de barco.

A3-1.5 Acuse de recibo de una retransmisión de alerta de socorro en llamada selectiva digital recibida de una estación costera

Las estaciones costeras o el centro de coordinación de salvamento, tras recibir y acusar recibo de una alerta de socorro en LLSD, normalmente retransmitirán la información recibida como una retransmisión de alerta de socorro en LLSD, dirigida a todos los barcos (ondas métricas únicamente), a todos los barcos situados en una zona geográfica específica (ondas hectométricas/decamétricas únicamente), o a un barco en concreto.

Los barcos que reciban la retransmisión de alerta de socorro transmitida por una estación costera deben acusar recibo de la misma por radiotelefonía en el canal de tráfico de socorro de la misma banda en la que se recibió la llamada retransmitida; es decir, 2 182 kHz en ondas hectométricas o el canal 16 en ondas métricas.

El acuse de recibo de una retransmisión de alerta de socorro transmitiendo un mensaje de conformidad con lo dispuesto en el número **32.23** del RR por radiotelefonía en la frecuencia de tráfico de socorro, en la misma banda en que se ha recibido la retransmisión de alerta de socorro.

A3-1.6 Acuse de recibo de una llamada de retransmisión de socorro en llamada selectiva digital recibida de otro barco

Los barcos que reciban una retransmisión de alerta de socorro procedente de otro barco deberán seguir el mismo procedimiento que para el acuse de recibo de una alerta de socorro; es decir, el procedimiento indicado en el § A3-1.2 anterior.

A3-1.7 Cancelación de una alerta de socorro involuntaria en llamada selectiva digital

Una estación que transmita una alerta de socorro LLSD involuntaria debe cancelar la alerta de socorro aplicando el siguiente procedimiento:

A3-1.7.1 De forma inmediata, cancelar la alerta de socorro transmitiendo una autocancelación LLSD en todas las frecuencias en las que se transmitió la alerta de socorro LLSD involuntaria, si la estación de barco es capaz de ello. Una autocancelación LLSD es un acuse de recibo de socorro en el cual la autoidentificación y la identificación de socorro son idénticas a las definidas en la Recomendación UIT-R M.493.

A3-1.7.2 A continuación, cancelar auditivamente la alerta de socorro en el canal de tráfico telefónico de socorro asociado con cada canal de LLSD en que se transmita la «alerta de socorro», transmitiendo un mensaje conforme a lo dispuesto en el número **32.53E** del RR.

A3-1.7.3 Comprobar técnicamente el canal de tráfico telefónico de socorro asociado con el canal de LLSD en el que se haya transmitido la alerta de socorro, y responder a cualquier comunicación relativa a ésta.

A3-2 Urgencia

A3-2.1 Transmisión de mensajes de urgencia

La transmisión de mensajes de urgencia se llevará a cabo en tres etapas:

- anuncio del mensaje de urgencia utilizando LLSD;
- transmisión de la llamada de urgencia; y
- transmisión del mensaje mediante radiotelefonía.

El anuncio se lleva a cabo mediante la transmisión de una llamada de urgencia en LLSD en el canal de llamada de socorro en LLSD (2 187,5 kHz en ondas hectométricas o el canal 70 en ondas métricas).

La llamada y el mensaje de urgencia se transmiten en el canal de tráfico de socorro (2 182 kHz en ondas hectométricas o en el canal 16 en ondas métricas).

La llamada de urgencia en LLSD puede dirigirse a todas las estaciones en ondas métricas, o a una zona geográfica en ondas hectométricas/decamétricas o a una estación en concreto. La frecuencia a la que se transmitirá el mensaje de urgencia se incluirá en la llamada de urgencia en LLSD.

Por consiguiente, la transmisión de un mensaje de urgencia se realiza de la forma siguiente:

Anuncio:

- se selecciona el formato adecuado de llamada en el equipo LLSD (todos los barcos (ondas métricas únicamente), zona geográfica (ondas hectométricas/decamétricas únicamente) o individual);
- se teclea o se selecciona en el equipo de LLSD:
 - zona específica o la ISMM (identidad de 9 cifras) de la estación específica, según el caso,
 - la categoría de la llamada (urgencia),
 - la frecuencia o canal en que se transmitirá el mensaje de urgencia,
 - el tipo de comunicación en qué consistirá el mensaje de urgencia (radiotelefonía),
 de acuerdo con las instrucciones proporcionadas por el fabricante de equipo de LLSD;
- se transmite el anuncio de urgencia en LLSD.

Transmisión de la llamada y el mensaje de urgencia:

- se sintoniza el transmisor a la frecuencia o canal indicado en el anuncio de urgencia en LLSD;
- se transmite la llamada y el mensaje de urgencia mediante radiotelefonía conforme a lo dispuesto en el número **33.12** del RR.

A3-2.2 Recepción de un mensaje de urgencia

Los barcos que reciban una llamada de urgencia en LLSD anunciando un mensaje de urgencia dirigido a más de una estación NO acusarán recibo de la LLSD sino que sintonizarán el receptor de radiotelefonía a la frecuencia indicada en la llamada y quedarán a la escucha del mensaje de urgencia.

A3-3 Seguridad

A3-3.1 Transmisión de mensajes de seguridad

La transmisión de mensajes de seguridad se realizará en tres etapas:

- anuncio del mensaje de seguridad mediante LLSD;
- transmisión de la llamada del mensaje de seguridad; y
- transmisión del mensaje mediante radiotelefonía.

El anuncio se lleva a cabo mediante la transmisión de una llamada de seguridad en LLSD en el canal de llamada de socorro en LLSD (2 187,5 kHz en ondas hectométricas o el canal 70 en ondas métricas).

De conformidad con el número **33.32** del RR, los mensajes de seguridad deberían transmitirse preferiblemente en una frecuencia de trabajo en la(s) misma(s) banda(s) utilizada(s) para el anuncio o la llamada de seguridad.

El mensaje de seguridad en LLSD puede dirigirse a todos los barcos (ondas métricas únicamente), a los barcos situados en una zona geográfica específica (ondas hectométricas/decamétricas únicamente) o a una estación en concreto.

En la LLSD irá incluida la frecuencia a la que se transmitirá el mensaje de seguridad.

Por consiguiente, la transmisión de un mensaje de seguridad se lleva a cabo de la forma siguiente:

Anuncio:

- se selecciona el formato de llamada adecuado en el equipo en LLSD (todos los barcos (ondas métricas únicamente), zona geográfica (ondas hectométricas/decamétricas únicamente) o llamada individual);
- se teclea o se selecciona en el equipo de LLSD:
 - la zona específica o la ISMM (identidad de 9 cifras) de una estación específica, si corresponde,
 - la categoría de la llamada (seguridad),
 - la frecuencia o canal en que se transmitirá el mensaje de seguridad,
 - el tipo de comunicación en qué consistirá el mensaje de seguridad (radiotelefonía),
 de acuerdo con las instrucciones proporcionadas por el fabricante del equipo de LLSD;
- se transmite el anuncio de seguridad en LLSD.

Transmisión de la llamada y el mensaje de seguridad:

- se sintoniza el transmisor a la frecuencia o canal indicado en la llamada de seguridad en LLSD;
- se transmite la llamada y el mensaje de seguridad de conformidad con lo dispuesto en el número **33.35** del RR.

A3-3.2 Recepción de un mensaje de seguridad

Los barcos que reciban una llamada de seguridad en LLS D anunciando un mensaje de seguridad dirigido a más de una estación NO acusarán recibo de la llamada de seguridad en LLS D sino que sintonizarán el receptor radiotelefónico a la frecuencia indicada en la llamada y quedarán a la escucha del mensaje de seguridad.

A3-4 Correspondencia pública

A3-4.1 Canales de llamada selectiva digital para la correspondencia pública

A3-4.1.1 Bandas de ondas métricas

El canal 70 de LLS D en ondas métricas se utiliza para llamadas selectivas digitales de socorro y seguridad así como para LLS D de correspondencia pública.

A3-4.1.2 Bandas de ondas hectométricas

La LLS D en ondas hectométricas para la correspondencia pública utiliza canales de LLS D internacionales y nacionales distintos del canal de LLS D de socorro y seguridad de 2 187,5 kHz.

Los barcos que llamen a una estación costera mediante LLS D en ondas hectométricas para correspondencia pública deben utilizar preferentemente el canal de LLS D nacional de la estación costera.

Por regla general, el canal de LLS D internacional para la correspondencia pública puede utilizarse entre barcos y estaciones costeras de distinta nacionalidad. La frecuencia de transmisión de los barcos es 2 189,5 kHz y la frecuencia de recepción es 2 177 kHz.

La frecuencia 2 177 kHz también se utiliza para LLS D entre barcos para comunicación general.

A3-4.2 Transmisión de una llamada selectiva digital para correspondencia pública a una estación costera o a otro barco

Una LLS D para correspondencia pública a una estación costera o a otro barco se transmite de la forma siguiente:

- se selecciona el formato para llamar a una estación específica en el equipo de LLS D;
- se tecldea o selecciona en el teclado del equipo de LLS D lo siguiente:
 - la ISMM (identidad de 9 cifras) o la estación que va a llamarse,
 - la categoría de la llamada (rutina),
 - el tipo de comunicación subsiguiente (normalmente radiotelefonía),
 - el canal de trabajo propuesto si se llama a otro barco. Las propuestas para el canal de trabajo NO deben incluirse en las llamadas a una estación costera; la estación costera indicará en su acuse de recibo en LLS D un canal de trabajo adecuado,
- de acuerdo con las instrucciones proporcionadas por el fabricante del equipo de LLS D;
- se transmite la LLS D.

A3-4.3 Repetición de una llamada

Una LLS D para correspondencia pública puede repetirse en el mismo canal o en otro canal de LLS D si no se recibe un acuse de recibo en el plazo de 5 min.

Para realizar otras tentativas de llamada debe esperarse al menos 15 min si no se ha recibido acuse de recibo.

A3-4.4 Acuse de una llamada recibida y preparación para la recepción del tráfico

Al recibir una LLSA de una estación costera o de otro barco, se transmite un acuse de recibo en LLSA de la forma siguiente:

- se selecciona el formato de acuse de recibo en el equipo de LLSA;
- se transmite un acuse de recibo indicando si el barco puede establecer la comunicación como se propone en la llamada (tipo de comunicación y frecuencia de trabajo); y
- si puede establecer la comunicación como se indica, se sintoniza el transmisor y el receptor de radiotelefonía al canal de trabajo indicado y se prepara para recibir el tráfico.

A3-4.5 Recepción del acuse de recibo y acciones ulteriores

Al recibir un acuse de recibo indicando que la estación llamada puede recibir el tráfico, debe prepararse la transmisión del tráfico de la forma siguiente:

- se sintoniza el transmisor y el receptor al canal de trabajo indicado;
- se inicia la comunicación en el canal de trabajo mediante:
 - la ISMM (identidad de 9 cifras) o el distintivo de llamada u otra identificación de la estación llamada;
 - «este es»;
 - la ISMM (identidad de 9 cifras) o el distintivo de llamada u otra identificación del propio barco.

Normalmente corresponderá al barco realizar nuevamente la llamada un poco después, en caso de que el acuse de recibo procedente de la estación costera indique que dicha estación no puede recibir de manera inmediata el tráfico.

Si el barco, en respuesta a una llamada a otro barco, recibe un acuse de recibo indicando que el otro barco no puede recibir el tráfico de forma inmediata, normalmente corresponderá al barco llamado transmitir la llamada al barco que llama cuando esté listo para recibir el tráfico.

A3-5 Prueba del equipo utilizado para las llamadas de socorro y seguridad

En la medida de lo posible debe limitarse la realización de pruebas a la frecuencia exclusiva de LLSA de socorro y seguridad de 2 187,5 kHz. Las llamadas de prueba en LLSA de las estaciones de barco deben transmitirse normalmente utilizando el especificador de formato de LLSA «individual» y la categoría «seguridad». La prueba del botón de socorro debe realizarse sin la transmisión de radiofrecuencias.

Las llamadas de prueba deben transmitirse por la estación de barco y la estación costera llamada debe acusar recibo de las mismas. Normalmente no habrá más comunicación entre las dos estaciones implicadas.

Una llamada de prueba en ondas métricas y hectométricas a una estación se transmite de la forma siguiente:

- se tecldea o se selecciona el formato para la llamada de prueba en LLSA;
- se tecldea la ISMM (identidad de 9 cifras) de la estación costera que va a llamarse;
- se transmite la llamada de prueba LLSA;
- se espera el acuse de recibo.

A3-6 Procedimientos y condiciones especiales para la comunicación en llamada selectiva digital en la banda de ondas decamétricas

Consideraciones generales

Los procedimientos para la comunicación en LLS D en ondas decamétricas son iguales a los correspondientes procedimientos para las comunicaciones en LLS D en ondas hectométricas y métricas, con algunas adiciones descritas en los § A3-6.1 a A3-6.3 siguientes.

Cuando se lleven a cabo comunicaciones en LLS D en ondas decamétricas deben tenerse en cuenta las condiciones especiales descritas en los § A3-6.1 a A3-6.3.

A3-6.1 Mensajes de socorro

A3-6.1.1 Transmisión de una alerta de socorro en llamada selectiva digital y elección de bandas de ondas decamétricas

En las zonas marítimas A3 y A4 una alerta de socorro LLS D en ondas decamétricas está destinada a ser recibida por estaciones costeras y una alerta de socorro LLS D en ondas hectométricas y métricas está destinada a ser recibida por otros barcos en las proximidades.

En la medida de lo posible, la alerta de socorro en LLS D debe incluir la última posición conocida del barco y la hora en que era válida (en UTC). Si el equipo de navegación del barco no inserta de manera automática la posición y la hora, debe hacerse de forma manual.

Las características de propagación en ondas decamétricas se ven afectadas por la estación del año y la hora del día, las condiciones del mar y las condiciones meteorológicas. Todo ello se debe tener en cuenta cuando se elija la banda de ondas decamétricas para la transmisión de las alertas de socorro en LLS D. Para maximizar la probabilidad de recepción satisfactoria de la alerta por las estaciones costeras, la alerta de socorro debe transmitirse como tentativa de llamada en múltiples frecuencias (véase § A1-3.1.3.2).

Por regla general, el canal de socorro en LLS D en la banda marítima de 8 MHz (8 414,5 kHz) puede ser en muchos casos la elección apropiada.

Las alertas de socorro en LLS D pueden enviarse en un cierto número de bandas de ondas decamétricas de dos formas distintas:

- a) transmitiendo la alerta de socorro en LLS D en una banda de ondas decamétricas y esperando unos pocos minutos para recibir el acuse de recibo de la estación costera; si no se recibe dicho acuse de recibo en el plazo de 3 min, se repite el proceso transmitiendo la alerta de socorro en LLS D en otra banda de ondas decamétricas apropiada, y así sucesivamente; o
- b) transmitiendo la alerta de socorro en LLS D en un cierto número de bandas de ondas decamétricas sin pausas o con pausas muy breves entre llamadas y sin esperar el acuse de recibo entre las llamadas.

Se recomienda en todos los casos seguir el procedimiento a), cuando hay tiempo para ello; de esa forma será más fácil elegir la banda de ondas decamétricas apropiada para el inicio de la comunicación subsiguiente con la estación costera en el canal de tráfico de socorro correspondiente.

Para transmitir la alerta de socorro en LLS D en ondas decamétricas:

- se sintoniza el transmisor en el canal de socorro en LLS D en ondas decamétricas seleccionado (4 207,5; 6 312; 8 414,5; 12 577 ó 16 804,5 kHz);
- se siguen las instrucciones para teclear o seleccionar la información pertinente en el equipo de LLS D como se indica en el § A3-1.1;

- se transmite la alerta de socorro en LLSD.

En casos especiales, por ejemplo en las zonas tropicales, la transmisión de la alerta de socorro en LLSD en ondas decamétricas, además de establecer las alertas barco a costa puede ser útil para establecer las alertas de barco a barco.

A3-6.1.2 Preparación del tráfico de socorro subsiguiente

Una vez transmitida la alerta de socorro en LLSD en los canales de socorro en LLSD adecuados (en ondas decamétricas, hectométricas y/o métricas) debe prepararse el tráfico de socorro subsiguiente sintonizando el equipo o equipos de radiocomunicaciones (en ondas decamétricas, hectométricas y/o métricas según corresponda) en el canal o canales de tráfico de socorro correspondientes.

Cuando se transmiten múltiples tentativas de llamada la frecuencia correspondiente del tráfico de socorro debe ser 8291 kHz.

Si se ha utilizado el método b) descrito anteriormente en el § A3-6.1.1 para la transmisión de la alerta de socorro en LLSD en un cierto número de bandas de ondas decamétricas:

- debe tenerse en cuenta en qué banda o bandas de ondas decamétricas se ha recibido el acuse de recibo procedente de una estación costera;
- si se han recibido acuses de recibo en más de una banda de ondas decamétricas, debe iniciarse la transmisión del tráfico de socorro en una de esas bandas, pero si no se recibe respuesta de una estación costera deben utilizarse consecutivamente el resto de bandas.

Las frecuencias del tráfico de socorro son las siguientes (véase el Cuadro 15-1 del Apéndice 15 del RR):

Ondas decamétricas (kHz):

Telefonía	4 125	6 215	8 291	12 290	16 420
-----------	-------	-------	-------	--------	--------

Ondas hectométricas (kHz):

Telefonía	2 182
-----------	-------

Ondas métricas: Canal 16 (156,800 MHz).

A3-6.1.3 Tráfico de socorro

Cuando el tráfico de socorro en ondas hectométricas/decamétricas se lleva a cabo por *radiotelefonía* se utilizan los procedimientos descritos en el § A3-1.3.

A3-6.1.4 Acciones que deben llevarse a cabo al recibir una alerta de socorro en llamada selectiva digital en ondas decamétricas procedente de otro barco

Los barcos que reciban una alerta de socorro en LLSD en ondas decamétricas procedente de otro barco *no* acusarán recibo del mismo pero:

- deben permanecer a la escucha para la recepción de un acuse de recibo de socorro en LLSD procedente de una estación costera;
- mientras esperan la recepción de un acuse de recibo de socorro de LLSD de una estación costera:

deben prepararse para recibir la siguiente comunicación de socorro, sintonizando el equipo de radiocomunicaciones en ondas decamétricas (transmisor y receptor) al canal de tráfico de socorro correspondiente en la misma banda de ondas decamétricas en que se recibió la alerta de socorro en LLSD, observando las siguientes condiciones:

- si en la alerta de socorro en LLSD se ha indicado el modo radiotelefonía, el equipo de radiocomunicaciones en ondas decamétricas debe sintonizarse en el canal de tráfico de socorro de radiotelefonía de la banda de ondas decamétricas correspondiente;

- si en la alerta de socorro en LLSD se ha indicado el modo télex, el equipo de radiocomunicaciones en ondas decamétricas debe sintonizarse en el canal de tráfico de socorro de radiotélex en la banda de ondas decamétricas correspondiente. Los barcos que pueden hacerlo permanecerán adicionalmente a la escucha del canal de socorro de radiotelefonía correspondiente;
- si la alerta de socorro en LLSD se recibió en más de una banda de ondas decamétricas, el equipo de radiocomunicaciones debe sintonizarse al canal de tráfico de socorro correspondiente en la banda de ondas decamétricas considerada la mejor en el caso real. Si la alerta de socorro en LLSD se recibió con éxito en la banda de 8 MHz, en muchos casos debe ser esta banda la primera elección;
- si no se ha recibido tráfico de socorro en el canal de ondas decamétricas en el plazo de 1 a 2 min, debe sintonizarse el equipo de radiocomunicaciones en ondas decamétricas al canal de tráfico de socorro pertinente en otra banda de ondas decamétricas considerada apropiada en el caso real;
- si en el plazo de 5 min no se ha recibido, procedente de una estación costera, un acuse de recibo del mensaje de socorro en LLSD y no se observa ninguna comunicación de socorro entre una estación costera y el barco en peligro:
 - se informa al CCS a través de los medios de radiocomunicación apropiados;
 - se transmite una alerta de socorro en LLSD si esas son las instrucciones de un CCS o una estación costera.

A3-6.1.5 Transmisión de una retransmisión de alerta de socorro en llamada selectiva digital

Cuando se estime conveniente transmitir una retransmisión de alerta de socorro en LLSD:

- las retransmisiones de alertas de socorro en ondas decamétricas deben iniciarse manualmente;
- se siguen los procedimientos descritos en el § A3-6.1.1 anterior (excepto si la llamada se envía manualmente como llamada única en una sola frecuencia) y la llamada debe dirigirse preferiblemente a una estación costera o un centro de coordinación de salvamento;
- se siguen las instrucciones para teclear o seleccionar el formato de llamada y la información pertinente en el equipo de LLSD, como se describe en el § A3-1.4; y
- se transmite una retransmisión de alerta de socorro en LLSD.

A3-6.1.6 Acuse de recibo de una retransmisión de alerta de socorro en llamada selectiva digital en ondas decamétricas procedente de una estación costera

Los barcos que reciban una retransmisión de alerta de socorro en LLSD procedente de una estación costera en ondas decamétricas, dirigido a todos los barcos que se encuentren dentro de una zona concreta, No acusarán recibo de dicha alerta por LLSD sino por *radiotelefonía* en el canal de tráfico de socorro de telefonía en la misma banda o bandas en las que se recibió la llamada de retransmisión de socorro en LLSD.

A3-6.2 Mensajes de urgencia

La transmisión de mensajes de urgencia en ondas decamétricas se dirigirá normalmente:

- a todos los barcos situados dentro de una zona geográfica especificada, o
- a una estación costera concreta.

El anuncio de un mensaje de urgencia se lleva a cabo mediante la transmisión de una LLSD con categoría urgente en el canal de socorro en LLSD apropiado.

La transmisión del propio mensaje de urgencia en ondas decamétricas se realiza por radiotelefonía en el canal de tráfico de socorro adecuado y en la misma banda en la que se transmitió el anuncio de la LLSA.

A3-6.2.1 Transmisión del anuncio de llamada selectiva digital de un mensaje de urgencia en la banda de ondas decamétricas

- Se elige la banda de ondas decamétricas considerada más apropiada, teniendo en cuenta que las características de propagación de las ondas decamétricas se ven afectadas por la estación del año y la hora del día, las condiciones del mar y las condiciones meteorológicas; en muchos casos la primera elección más apropiada es la banda de 8 MHz;
- se introduce o selecciona el formato de llamada para una llamada a zona geográfica o una llamada individual en el equipo de LLSA, según convenga;
- se teclea o selecciona la información pertinente en el equipo de LLSA como se indica en el § A3-2.1;
- se transmite la LLSA; y
- si la LLSA se dirige a una estación costera específica, se espera el acuse de recibo de LLSA de dicha estación costera. Si dicho acuse no se recibe en el plazo de unos pocos minutos, se repite la LLSA en otra frecuencia de ondas decamétricas que se considere apropiada.

A3-6.2.2 Transmisión del mensaje de urgencia y acciones subsiguientes

- Se sintoniza el transmisor de ondas decamétricas al canal de tráfico de socorro (radiotelefonía) indicado en el anuncio de la LLSA;
- si el mensaje de urgencia va a transmitirse utilizando *radiotelefonía*, se sigue el procedimiento descrito en el § A3-2.1.

El anuncio y la transmisión de mensajes de urgencia dirigidos a todos los barcos equipados con dispositivos de ondas decamétricas situados en una zona específica puede repetirse en un cierto número de bandas de ondas decamétricas consideradas apropiadas en la situación real.

A3-6.3 Mensaje de seguridad

A3-6.3.1 Transmisión del anuncios y mensajes de seguridad en llamada selectiva digital en ondas decamétricas

Los procedimientos para la transmisión de anuncios de mensajes de seguridad en LLSA y para la transmisión de mensajes de seguridad son los mismos que en el caso de mensajes de urgencia, descritos en el § A3-6.2, *salvo* que:

- en el anuncio de LLSA, se utilizará la categoría «SEGURIDAD»;
- en el mensaje de seguridad, se utilizará la señal de seguridad «SECURITE» en vez de la señal de urgencia «PAN PAN».

A3-6.3.2 Recepción de mensajes de seguridad

Cuando en una de las frecuencias de llamada de socorro y seguridad se recibe un anuncio de seguridad en LLSA con información de seguridad marítima (ISM) no programada en ondas decamétricas dirigido a una zona geográfica, el receptor ISM en ondas decamétricas se sintonizará a la frecuencia especificada en el anuncio en LLSA.

El anuncio de seguridad en LLSA se recibe como sigue:

- especificador de formato (zona geográfica),
- dirección (zona geográfica),

- categoría de la llamada (seguridad),
- frecuencia o canal en el que se transmitirá la ISM en ondas decamétricas,
- el tipo de comunicación en la que se transmitirá la ISM en ondas decamétricas (corrección de errores en recepción, FEC).

Anexo 4

Procedimientos de explotación de estaciones costeras para las comunicaciones en llamada selectiva digital en las bandas de ondas hectométricas, decamétricas y métricas

Introducción

Los procedimientos para las comunicaciones en LLSA en ondas hectométricas y métricas se describen a continuación del § A4-1 al A4-5.

Los procedimientos para las comunicaciones en LLSA en ondas decamétricas son, por lo general, los mismos que en ondas hectométricas y métricas. En el § A4-6 se describen las condiciones especiales que deben tenerse en cuenta cuando se realizan comunicaciones en LLSA en ondas decamétricas.

A4-1 Comunicaciones de socorro (véase la Nota 1)

A4-1.1 Recepción de una alerta de socorro en llamada selectiva digital

La transmisión de una alerta de socorro indica que una unidad móvil (un barco, un avión u otro vehículo) o una persona se encuentran en peligro y requieren asistencia inmediata. La alerta de socorro es una LLSA que utiliza un formato de llamada de socorro.

Al recibir una alerta de socorro, las estaciones costeras deberán asegurarse de que se encamina a la mayor brevedad posible a un Centro de Coordinación de Salvamento (CCS). Ante una alerta de socorro, la estación costera correspondiente debe acusar recibo lo más rápidamente posible.

NOTA 1 – Estos procedimientos suponen que el CCS se encuentra distante de la estación costera de LLSA. De no ser así, deben introducirse localmente las modificaciones correspondientes.

A4-1.2 Acuse de recibo de una alerta de socorro en llamada selectiva digital

La estación costera transmitirá el acuse de recibo de alerta de socorro en la misma frecuencia de LLSA en la que se recibió la alerta de socorro.

El acuse de recibo de una alerta de socorro en LLSA se transmite de la forma siguiente:

- se teclea o selecciona en el equipo de LLSA:
 - el acuse de recibo de la alerta de socorro,
 - la ISMM (identidad de 9 cifras) del barco en peligro (se inserta automáticamente si está disponible),
 - la naturaleza del peligro (se inserta automáticamente si está disponible),
 - las coordenadas en las que se ha producido el siniestro (se insertan automáticamente si está disponible), y

- la hora UTC en que la posición era válida (se inserta automáticamente si está disponible);
- se transmite el acuse de recibo;
- se prepara para tratar el tráfico de socorro subsiguiente estableciendo una escucha en radiotelefonía siendo las frecuencias de radiotelefonía las asociadas con la frecuencia en que se recibió la alerta de socorro (en ondas hectométricas, 2 182 kHz o en ondas métricas, 156,8 MHz/canal 16).

A4-1.3 Transmisión de una retransmisión de alerta de socorro en llamada selectiva digital

Las estaciones costeras iniciarán y transmitirán una retransmisión de alerta de socorro en cualquiera de los siguientes casos:

- cuando se ha notificado por otros medios a la estación costera el peligro de la unidad móvil y el CCS requiere la difusión de la alerta a los barcos; y
- cuando la persona responsable de la estación costera considera que se necesita más ayuda (en esas condiciones se recomienda una estrecha cooperación con el CCS correspondiente).

En los casos mencionados anteriormente, la estación costera transmitirá una retransmisión de alerta de socorro costa a barco dirigida, según convenga, a todos los barcos (ondas métricas únicamente), a una zona geográfica específica (ondas hectométricas/decamétricas únicamente) o a un barco en concreto.

La retransmisión de alerta de socorro contendrá la identificación de la unidad móvil en peligro, su posición y cualquier otra información que pueda facilitar el salvamento.

La retransmisión de alerta de socorro se transmite de la forma siguiente:

- se teclea o selecciona en el equipo de LLSD:
 - la retransmisión de alerta de socorro,
 - el especificador de formato (todos los barcos (ondas métricas únicamente), una zona geográfica concreta (ondas hectométricas/decamétricas únicamente) o una estación individual),
 - si ha lugar, la dirección (ISMM) del barco, grupo de barcos o zona geográfica,
 - la ISMM (identidad de 9 cifras) del barco en peligro, si se conoce,
 - la naturaleza del peligro, si se conoce,
 - las coordenadas en las que se ha producido el siniestro, si se conoce,
 - la hora UTC en que la posición era válida, si se conoce;
- se transmite la retransmisión de alerta de socorro;
- se prepara para la recepción de los acuses de recibo por las estaciones de barco y para el tratamiento del tráfico de socorro subsiguiente conmutando al canal de radiotelefonía para tráfico de socorro en la misma banda; es decir, 2 182 kHz en ondas hectométricas y 156,8 MHz/canal 16 en ondas métricas.

A4-1.4 Recepción de una retransmisión de alerta de socorro

Si las estaciones costeras reciben una retransmisión de alerta de socorro procedente de una estación de barco, se asegurarán de que la llamada se encamina a la mayor brevedad posible a un CCS. La estación costera correspondiente debe acusar recibo lo más rápidamente posible de la retransmisión de alerta de socorro utilizando un acuse de recibo de retransmisión de socorro en LLSD dirigido a la estación de barco. Si la retransmisión de alerta de socorro se recibe procedente de una estación costera, otras estaciones costeras normalmente no deberán llevar a cabo ninguna acción posterior.

A4-2 Mensaje de urgencia

A4-2.1 Transmisión de un anuncio en llamada selectiva digital

El anuncio de un mensaje de urgencia se realizará en una o más frecuencias de llamada de socorro y seguridad utilizando la LLS D y el formato de llamada de urgencia.

La LLS D de urgencia puede dirigirse a todos los barcos (ondas métricas únicamente), a una zona geográfica (ondas hectométricas/decamétricas únicamente) o a un barco específico. La frecuencia a la que se transmitirá el mensaje de urgencia tras el anuncio deberá incluirse en la LLS D de urgencia.

La LLS D de urgencia se transmite de la forma siguiente:

- se teclea o selecciona en el equipo de LLS D lo siguiente:
 - el especificador de formato (llamada a todos los barcos (ondas métricas únicamente), a una zona geográfica (ondas hectométricas/decamétricas únicamente) o a una estación individual),
 - si corresponde, la dirección (ISMM) del barco o de la zona geográfica,
 - la categoría de la llamada (urgencia),
 - la frecuencia o canal en el que se transmitirá el mensaje de urgencia, y
 - el tipo de comunicación en el que se transmitirá el mensaje de urgencia (radiotelefonía);
- se transmite la LLS D de urgencia.

Tras el anuncio de la LLS D, el mensaje de urgencia se transmitirá en la frecuencia indicada en la LLS D.

A4-3 Mensaje de seguridad

A4-3.1 Transmisión de un anuncio en llamada selectiva digital

El anuncio del mensaje de seguridad se realizará en una o más de las frecuencias de llamada de socorro y seguridad utilizando la LLS D y el formato de llamada de seguridad.

La LLS D de seguridad puede dirigirse a todos los barcos (ondas métricas únicamente), a una zona geográfica (ondas hectométricas/decamétricas únicamente) o a un barco específico. La frecuencia a la que se transmitirá el mensaje de seguridad tras el anuncio deberá incluirse en la LLS D de seguridad.

La LLS D de seguridad se transmite de la forma siguiente:

- se teclea o selecciona en el equipo de LLS D lo siguiente:
 - el especificador de formato (llamada a todos los barcos (ondas métricas únicamente), a una zona geográfica (ondas hectométricas/decamétricas únicamente) o a una estación individual),
 - si corresponde, la dirección (ISMM) del barco, o de la zona geográfica,
 - la categoría de la llamada (seguridad),
 - la frecuencia o canal en el que se transmitirá el mensaje de seguridad, y
 - el tipo de comunicación en el que se transmitirá el mensaje de seguridad (radiotelefonía);
- se transmite la LLS D de seguridad.

Tras el anuncio en LLS D, el mensaje de seguridad se transmitirá en la frecuencia indicada en la LLS D.

A4-4 Correspondencia pública

A4-4.1 Frecuencias/canales de llamada selectiva digital para la correspondencia pública

A4-4.1.1 Ondas métricas

Para realizar LLS D de socorro y seguridad se utiliza la frecuencia 156,525 MHz/canal 70. También puede utilizarse para llamadas distintas de las de socorro y seguridad; por ejemplo, para correspondencia pública.

A4-4.1.2 Ondas hectométricas

Para la correspondencia pública nacional e internacional se utilizan frecuencias de LLS D distintas de las empleadas para el tráfico de socorro y seguridad.

Cuando se llama a estaciones de barco por LLS D, las estaciones costeras deben utilizar para la llamada, por orden de preferencia:

- un canal de LLS D nacional en el que se mantenga a la escucha la estación costera;
- el canal LLS D internacional, transmitiendo la estación costera a 2 177 kHz y recibiendo a 2 189,5 kHz. Para reducir la interferencia en este canal, puede utilizarse de forma general por las estaciones costeras para llamar a barcos de otra nacionalidad o cuando no se conozcan las frecuencias de LLS D en las que se mantiene a la escucha la estación de barco.

A4-4.2 Transmisión de una llamada desde una estación costera a un barco mediante llamada selectiva digital

La LLS D se transmite de la forma siguiente:

- se tecldea o selecciona en el equipo de LLS D lo siguiente:
 - la ISMM (identidad de 9 cifras) del barco que va a llamarse,
 - la categoría de la llamada (de rutina),
 - el tipo de comunicación subsiguiente (radiotelefonía), y
 - la información de la frecuencia de trabajo;
- se transmite la LLS D.

A4-4.3 Repetición de una llamada

Las estaciones costeras pueden transmitir la llamada dos veces en la misma frecuencia de llamada con un intervalo de, al menos, 45 s entre cada una de las llamadas, siempre que no reciban acuse de recibo en dicho intervalo.

Si la estación llamada no acusa recibo de la llamada tras la segunda transmisión, puede transmitirse nuevamente la llamada en la misma frecuencia o en otra frecuencia de llamada transcurrido un periodo de, al menos, 10 min.

A4-4.4 Preparación para el intercambio de tráfico

Al recibir un acuse de recibo de LLS D con la indicación de que la estación de barco llamada puede utilizar la frecuencia de trabajo propuesta, la estación costera pasa a dicho canal o frecuencia de trabajo y se prepara para recibir el tráfico.

A4-4.5 Acuse de recibo de una llamada selectiva digital recibida

Los acuses de recibo se transmitirán normalmente en las frecuencias emparejadas con la frecuencia de la llamada recibida. Si la misma llamada se recibe en varios canales de llamada, se seleccionará el canal más adecuado para transmitir el acuse de recibo.

El acuse de recibo de una LLSD se transmite de la forma siguiente:

- se tecllea o selecciona en el equipo de LLSD lo siguiente:
 - el especificador de formato (estación individual),
 - la ISMM (identidad de 9 cifras) del barco llamado,
 - la categoría de la llamada (de rutina o para asuntos comerciales del barco),
 - la misma información de frecuencia que en la llamada recibida si puede sintonizar inmediatamente a la frecuencia de trabajo sugerida por la estación de barco,
 - si la estación de barco que llama no ha sugerido ninguna frecuencia de trabajo, el acuse de recibo debe incluir una propuesta de canal/frecuencia,
 - si no puede sintonizar con la frecuencia de trabajo sugerida, pero puede hacerlo inmediatamente a una frecuencia de trabajo alternativa, debe indicarse dicha frecuencia de trabajo alternativa, y
 - debe indicar si no puede proporcionar inmediatamente la información adecuada al respecto;
- se transmite el acuse de recibo tras un plazo de al menos 5 s, pero no más largo de 4½ min.

Después de transmitir el acuse de recibo, la estación costera pasa a la frecuencia o canal de trabajo y se prepara para recibir el tráfico.

A4-5 Llamadas de prueba mediante llamada selectiva digital

Las llamadas de prueba en ondas métricas, hectométricas y decamétricas con LLSD se efectúan conforme a la Recomendación UIT-R M.493. Las llamadas de prueba de estaciones costeras mediante LLSD deben transmitirse normalmente a una estación de barco utilizando el especificador de formato LLSD como «individual» y la categoría como «seguridad». Las llamadas de prueba de las estaciones costeras deben recibir el acuse de recibo de la estación de barco llamada. Normalmente no habrá comunicación adicional entre las dos estaciones implicadas.

Acuse de recibo de una llamada de prueba desde un barco mediante llamada selectiva digital

La estación costera debe acusar recibo de las llamadas de prueba desde una estación de barco.

A4-6 Condiciones especiales y procedimientos para las comunicaciones de llamada selectiva digital en la banda de ondas decamétricas

Consideraciones generales

Los procedimientos para la comunicación de LLSD en ondas decamétricas son iguales a los procedimientos correspondientes a las comunicaciones de LLSD en ondas hectométricas/métricas, con algunas adiciones descritas a continuación en los § A4-6.1 a A4-6.3.

Cuando se realicen comunicaciones de LLSD en ondas decamétricas deben tenerse en cuenta las condiciones especiales descritas en los § A4-6.1 a A4-6.3.

A4-6.1 Comunicaciones de socorro

A4-6.1.1 Recepción y acuse de recibo de una alerta de socorro mediante llamada selectiva digital en ondas decamétricas

En algunos casos, los barcos en peligro pueden transmitir la alerta de socorro en LLS D en un cierto número de bandas de ondas decamétricas guardando breves intervalos de tiempo entre las llamadas individuales.

La estación costera transmitirá un acuse de recibo de LLS D en todos los canales de socorro en LLS D en ondas decamétricas en los cuales se recibió la alerta de socorro de LLS D para asegurar, en la medida de lo posible, que el acuse de recibo llega al barco en peligro y a todos los barcos que recibieron la alerta de socorro en LLS D.

A4-6.1.2 Tráfico de socorro

Por regla general, el tráfico de socorro debe iniciarse en el canal de tráfico de socorro adecuado (radiotelefonía) en la misma banda en que se recibió la alerta de socorro en LLS D.

A4-6.1.3 Transmisión de la retransmisión de alerta de socorro en llamada selectiva digital en ondas decamétricas

Cuando se elija la banda o bandas de ondas decamétricas para la transmisión de retransmisiones de alerta de socorro en LLS D deben tenerse en cuenta las características de propagación en dichas bandas.

Es necesario que los barcos que se atengan al Convenio de la OMI equipados con dispositivos de LLS D en ondas decamétricas para comunicaciones de socorro y seguridad mantengan una escucha en LLS D automática continua en el canal de socorro en LLS D en la banda de 8 MHz y en al menos otro de los canales de socorro en LLS D en ondas decamétricas.

Para que en los barcos no haya incertidumbre con respecto a la banda en que se iniciará el establecimiento subsiguiente de tráfico de contacto y socorro, debe transmitirse la retransmisión de alerta de socorro en LLS D en ondas decamétricas en una banda de ondas decamétricas a la vez y la comunicación subsiguiente con los barcos que respondan debe establecerse antes de repetir posteriormente la retransmisión de alerta de socorro en LLS D en otra banda de ondas decamétricas.

A4-6.2 Seguridad

A4-6.2.1 Transmisión de anuncios y mensajes de seguridad en ondas decamétricas

El anuncio de ISM no programada en ondas decamétricas se hará en todas las frecuencias de llamadas de socorro y seguridad en ondas hectométricas/decamétricas (§ A7-1) utilizando LLS D y el formato de llamada de seguridad. La llamada de seguridad LLS D se dirigirá a una zona geográfica. La frecuencia en la que se transmitirá la ISM en ondas decamétricas tras el anuncio se incluirá en la llamada de seguridad LLS D.

Tras el anuncio en LLS D, el mensaje de ISM en ondas decamétricas se transmitirá en la frecuencia indicada en la llamada LLS D.

El anuncio no programado LLS D de ISM en ondas decamétricas se transmite como sigue:

- el especificador de formato (zona geográfica),
- la dirección (zona geográfica),
- la categoría de la llamada (seguridad),
- la frecuencia del canal en el que se transmitirá la ISM en ondas decamétricas,
- el tipo de comunicación en el que se transmitirá la ISM en ondas decamétricas.

NOTA – Para los anuncios en todas las frecuencias de las llamadas de socorro y de seguridad LLSA en ondas hectométricas y decamétricas, la frecuencia del mensaje 2 debe ser la frecuencia en ondas decamétricas para ISM mediante IPBE que figura en el Apéndice 15 del Reglamento de Radiocomunicaciones que se considere adecuada para la difusión de ISM no programada mediante IDBE en ondas decamétricas.

Anexo 5

Procedimientos de explotación de estaciones de barco y estaciones costeras para sistemas de conexión automáticos que utilicen la llamada selectiva digital en bandas de frecuencias hectométricas y decamétricas

Introducción

Se entiende por sistema de conexión automática (SCA) la función de conexión automática que utiliza la LLSA para la comunicación de costa a barco, barco a costa o barco a barco con la frecuencia (o canal) de trabajo más adecuada en las bandas de ondas hectométricas y decamétricas del servicio móvil marítimo.

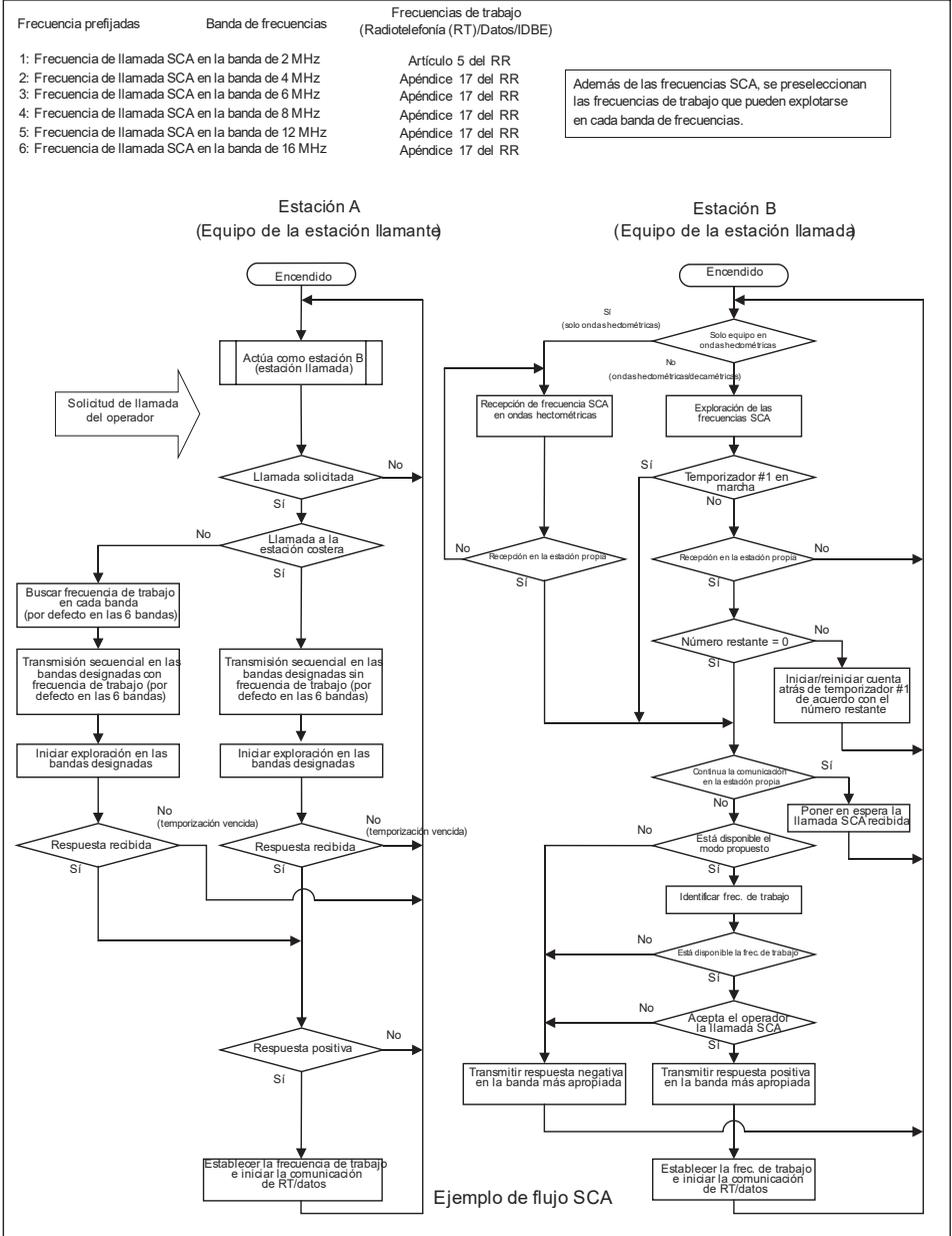
En el presente Anexo se describen los procedimientos para el SCA mediante comunicaciones en LLSA en ondas hectométricas y decamétricas.

El procedimiento para el SCA no interrumpirá la escucha fiable durante 24 horas de las frecuencias de alerta de socorro en LLSA adecuadas, al menos mientras el equipo esté transmitiendo.

En la Fig. A5-1 se muestra un ejemplo de diagrama de flujo de los procedimientos de explotación del SCA.

FIGURA A5-1

Ejemplo de procedimientos de explotación del sistema de conexión automática



A5-1 Frecuencias y método de llamada del sistema de conexión automática

A5-1.1 Frecuencias del sistema de conexión automática

Las frecuencias incluidas en el § A7-2.3 de la presente Recomendación son las que deben utilizarse para el SCA.

A5-1.2 Método de llamada

A5-1.2.1 Los procedimientos definidos en esta sección son aplicables a la utilización de técnicas de LLSD, excepto en casos de socorro, urgencia o seguridad, en los que se aplican las disposiciones del Capítulo VII del RR.

A5-1.2.2 La llamada SCA debe contener información que indique la estación o estaciones a las que se dirige la llamada, y la identificación de la estación llamante.

A5-1.2.3 La llamada SCA también debe contener información que indique el tipo de comunicación subsiguiente que se va a establecer e incluir información complementaria como una frecuencia o canal de trabajo propuesto identificado como el más adecuado por su bajo nivel de ruido. Este proceso debe repetirse para cada una de las bandas de frecuencia del SCA.

A5-2 Procedimientos de explotación

A5-2.1 Exploración

Mientras el equipo está en espera, el receptor SCA designado (receptor SCA) debe:

- para los equipos exclusivamente en ondas hectométricas, supervisar únicamente la frecuencia SCA en la banda en ondas hectométricas (banda de 2 MHz) sin exploración;
- para los equipos en ondas hectométricas/decamétricas, exploración de hasta seis frecuencias SCA en las bandas hectométricas y decamétricas especificadas en el § A5-1.1;
- explorar las seis frecuencias SCA en ciclos de dos segundos;
- cuando se detecta el patrón de puntos de la LLSD, pausar la exploración en esa frecuencia y descodificar la señal de recepción;
- reanudar la exploración estándar cuando la identificación de la señal recibida no se refiere a la propia estación o no se ha completado la transmisión secuencial SCA restante;
- detener la exploración cuando se reciba un acuse de recibo;
- reanudar la búsqueda de frecuencias SCA tras finalizar el establecimiento de llamada.

A5-2.2 Estación llamante

En la estación llamante SCA se realizarán las actividades siguientes:

A5-2.2.1 El operador introduce la identificación (ISMM) de la estación llamada y selecciona el tipo de comunicación subsiguiente y, a continuación, inicia la llamada SCA.

A5-2.2.2 El receptor SCA detiene la exploración durante la transmisión del mensaje SCA.

A5-2.2.3 Cuando la estación llamada es una estación de barco, el receptor busca la frecuencia de trabajo adecuada que esté desocupada y tenga un bajo nivel de ruido en cada banda de frecuencias. El SCA complementa los canales o frecuencias identificados en el Mensaje 2 para la transmisión secuencial SCA en cada banda de frecuencias.

La transmisión secuencial SCA a una estación de barco se compone de la siguiente manera:

- Categoría de la llamada: SCA;
- Primer telemando del mensaje 1: tipo de comunicación (por ejemplo, J3E, F1B o datos);
- Segundo telemando del mensaje 1: número de la restante transmisión secuencial SCA;
- Mensaje 2: frecuencia de trabajo propuesta, en la misma banda de frecuencias que la transmisión SCA.

La transmisión secuencial SCA a una estación costera se compone como sigue:

- Categoría de la llamada: SCA;
- Primer telemando del mensaje 1: tipo de comunicación (por ejemplo, J3E, F1B o datos);
- Segundo telemando del mensaje 1: número de la restante transmisión secuencial SCA;
- Mensaje 2: información de posición del propio barco.

A5-2.2.4 El SCA realiza hasta seis transmisiones secuenciales SCA utilizando las frecuencias especificadas en el § A5-1.1. Si hay una banda para la que no se encuentra una frecuencia de trabajo adecuada, se omite la transmisión en esa banda.

A5-2.2.5 El receptor SCA reinicia la exploración tras un máximo de seis transmisiones secuenciales SCA y, a continuación, espera una respuesta de la estación llamada.

A5-2.2.6 Cuando la estación llamante recibe una respuesta de la estación llamada dentro del plazo establecido, el receptor SCA detiene la exploración.

A5-2.2.6.1 Si la respuesta es positiva, el SCA sintoniza el transmisor utilizando el canal o frecuencia de trabajo y el tipo de comunicación de acuerdo con la respuesta positiva recibida. El receptor SCA reinicia la exploración y después de establecer la comunicación el operador inicia la comunicación.

A5-2.2.6.2 Si la respuesta es negativa, el receptor del SCA reinicia la exploración, y el operador finaliza el procedimiento SCA.

A5-2.2.7 Cuando la estación llamante no recibe una respuesta de la estación llamada en el plazo previsto o el operador selecciona el fin de la llamada SCA, finaliza el procedimiento SCA.

A5-2.3 Estación llamada

Los siguientes procedimientos deben aplicarse en la estación llamada cuando el SCA recibe la llamada con su propia identificación:

A5-2.3.1 El SCA comprueba el número de transmisiones secuenciales SCA restantes, calculando y actualizando el tiempo restante (temporizador de cuenta atrás) de conformidad con el número de transmisiones secuenciales SCA restantes, y registra las condiciones de la señal recibida (por ejemplo, nivel de señal recibida, tasa de error de símbolos, nivel de ruido) para la frecuencia SCA recibida. Si el temporizador de cuenta atrás o el número restante es cero, el procedimiento continúa como se describe en el § A5-2.3.3. En caso contrario, el procedimiento continúa como se describe en el § A5-2.3.2.

A5-2.3.2 El receptor SCA continúa explorando las frecuencias SCA. Si durante la exploración se recibe una llamada a la estación propia en una frecuencia SCA diferente desde la misma estación llamante antes de que venza el temporizador de cuenta atrás, el procedimiento continúa como se describe en A5-2.3.1. Si no se recibe ninguna llamada dirigida a la estación propia en una frecuencia

SCA diferente procedente de la misma estación llamante antes de que venza el temporizador de cuenta atrás, la exploración finaliza y el procedimiento continúa como se describe en el § A5-2.3.3.

A5-2.3.3 A continuación, el SCA emite una indicación audible y visualiza que se ha recibido una solicitud de llamada SCA. El sistema comprueba si hay comunicación en curso de la propia estación. Si el equipo de LLSA dispone de todo tipo de procedimientos automatizados de radiocomunicaciones en ondas hectométricas y decamétricas (radiotelefonía, datos y demás), la comprobación puede realizarse automáticamente según el estado (activo o en espera) de cada procedimiento automatizado. En caso contrario, el operador puede realizar la comprobación manualmente. Cuando hay una comunicación en curso en la estación propia, la llamada SCA recibida debe ponerse en espera y el procedimiento reinicia la exploración. Si no hay comunicación en curso en la estación propia, el procedimiento continúa como se describe en el § A5-2.3.4.

A5-2.3.4 Debe comprobarse el modo propuesto. Si el modo propuesto no está disponible para la estación propia, debe transmitirse una respuesta negativa en la frecuencia más adecuada, tal como se indica en el § A5-2.3.1 y, a continuación, el procedimiento pasa a reiniciar la exploración.

La respuesta negativa se compone como sigue:

- | | |
|------------------------------------|--------------------------------------|
| – Categoría: | SCA; |
| – Primer telemando del mensaje 1: | no puede responder; |
| – Segundo telemando del mensaje 1: | no puede utilizar el modo propuesto; |
| – Mensaje 2: | sin información. |

Si el modo propuesto está disponible para la estación propia, la identificación de la frecuencia y la respuesta siguiente deben realizarse de acuerdo con el § A5-2.4.

A5-2.3.5 Cuando se ha identificado una frecuencia adecuada y el operador acepta la llamada SCA, éste inicia la comunicación utilizando la frecuencia de trabajo designada y el tipo de comunicación de acuerdo con la respuesta positiva transmitida.

A5-2.3.6 El receptor designado para SCA reinicia la exploración tras establecer la comunicación.

A5-2.3.7 El operador inicia la comunicación utilizando la frecuencia de trabajo y el tipo de comunicación de conformidad con la comunicación de configuración.

A5-2.4 Identificación de frecuencia y respuesta a una estación llamante

A5-2.4.1 Respuesta a una estación costera

Cuando la estación llamante es una estación costera, el SCA de la estación llamada (estación de barco) comprueba si la frecuencia de trabajo (frecuencia de RX de la estación de barco) propuesta por la estación costera es adecuada para el tipo de comunicación subsiguiente utilizando el receptor que está gestionando la comunicación (por ejemplo, la frecuencia no está ocupada, la S/N es suficiente, etc.). Cuando la frecuencia no es adecuada en la banda de frecuencias más apropiada según el § A5-2.3.1, el SCA de la estación llamada (estación de barco) comprueba de nuevo la frecuencia de trabajo propuesta para el tipo de comunicación seleccionado en la segunda banda de frecuencias más apropiada según el § A5-2.3.1.

Cuando la frecuencia de trabajo propuesta es la más adecuada o la siguiente más adecuada y la banda de frecuencias de trabajo es apropiada para las comunicaciones subsiguientes, el SCA notifica al operador la frecuencia de trabajo identificada con el modo propuesto y el operador puede decidir si acepta la llamada SCA.

Si el operador decide aceptar la llamada SCA, el SCA responde a la estación llamante en la frecuencia SCA más adecuada según el § A5-2.3.1, incluyendo la frecuencia de trabajo o el canal de manera positiva. A continuación, el procedimiento continúa como se describe en el § A5-2.3.5.

La respuesta positiva a una estación costera con aceptación de la conexión se compone como sigue:

- Categoría de la llamada: SCA;
- Primer telexmensaje del mensaje 1: tipo de comunicación (por ejemplo J3E, F1B o datos);
- Segundo telexmensaje del mensaje 1: sin información;
- Mensaje 2: frecuencia de trabajo.

Si el operador decide rechazar la llamada SCA, el SCA responde a la estación llamante en la frecuencia SCA más adecuada según el § A5-2.3.1 de manera negativa y el procedimiento pasa a reiniciar la exploración.

La respuesta negativa a una estación costera cuando el operador decide rechazar la llamada se compone como sigue:

- Categoría: SCA;
- Primer telexmensaje del mensaje 1: incapaz de responder;
- Segundo telexmensaje del mensaje 1: no hay operador disponible o el operador está indisponible temporalmente;
- Mensaje 2: posición, si está disponible, o sin información.

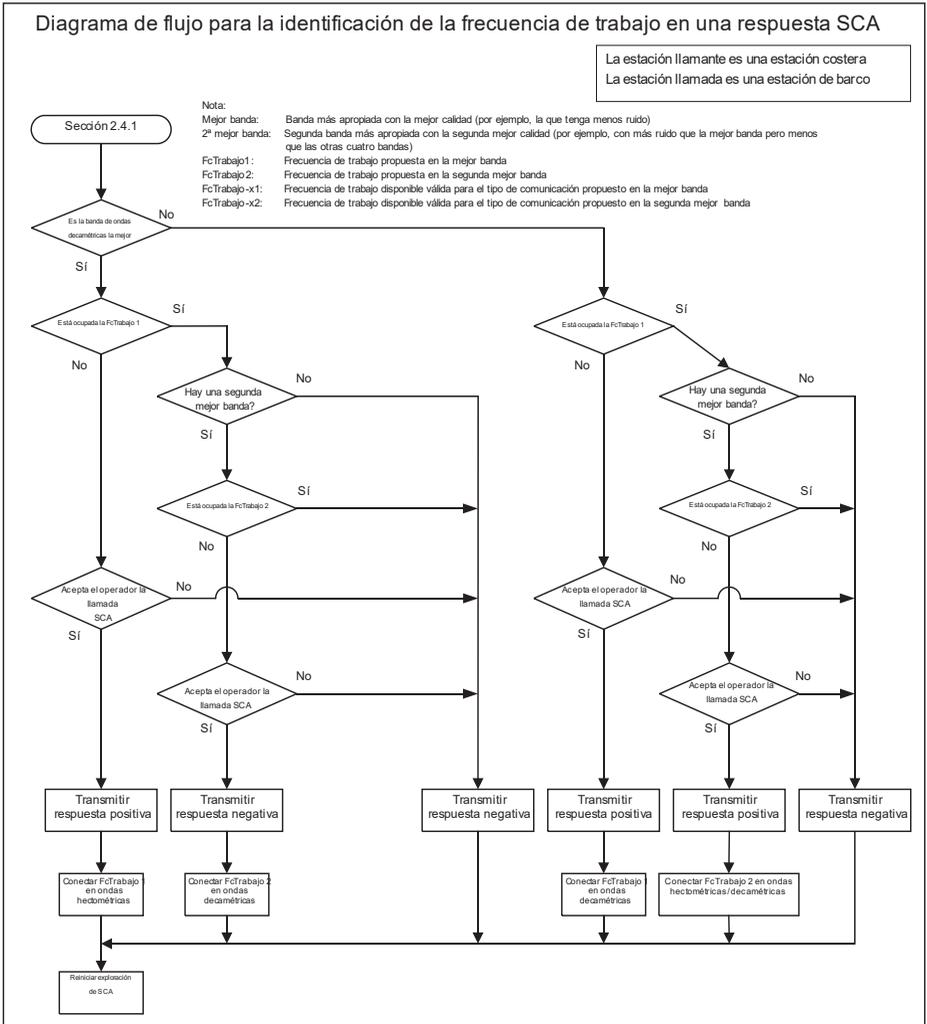
Cuando la frecuencia no es adecuada en la banda de frecuencias más apropiada ni en la siguiente, el SCA responde para rechazar la conexión a la estación llamante en la frecuencia SCA más adecuada según el § A5-2.3.1, y a continuación el receptor SCA reinicia la exploración.

La respuesta negativa a una estación costera con cuando no se identifica una frecuencia de trabajo se compone como sigue:

- Categoría de la llamada: SCA;
- Primer telexmensaje del mensaje 1: incapaz de responder;
- Segundo telexmensaje del mensaje 1: incapaz de utilizar el canal propuesto;
- Mensaje 2: posición, si está disponible, o sin información.

FIGURA A5-2

Diagrama de flujo para la identificación de la frecuencia de trabajo y subsiguiente respuesta SCA para la estación llamada cuando la estación llamante es una estación costera y la estación llamada es una estación de barco



A5-2.4.2 Respuesta a una estación de barco

A5-2.4.2.1 Respuesta de un barco a una estación de barco

Cuando tanto la estación llamante como la estación llamada son estaciones de barco, el SCA de la estación llamada comprueba si la frecuencia de trabajo propuesta es adecuada para la comunicación subsiguiente (por ejemplo, la frecuencia no está ocupada) en la banda de frecuencias más apropiada según el § A5-2.3.1.

Cuando la banda de frecuencias más apropiada es una banda en ondas hectométricas y la frecuencia de trabajo propuesta en la banda en ondas hectométricas no es adecuada, el SCA comprueba si la frecuencia de trabajo propuesta es adecuada para el tipo de comunicación en la segunda banda de frecuencias más apropiada (es decir, una banda en la banda de ondas decamétricas) según el § A5-2.3.1. Si la frecuencia de trabajo propuesta en la banda de ondas decamétricas no es adecuada, el SCA busca en la banda de ondas decamétricas otra frecuencia de trabajo adecuada para el tipo de comunicación.

NOTA – En la banda de frecuencias en ondas hectométricas, el SCA sólo comprueba la frecuencia de trabajo propuesta porque las frecuencias son limitadas en esa banda, por lo que el SCA no busca una frecuencia de trabajo alternativa en la banda de frecuencias en bandas hectométricas.

Cuando la banda más apropiada es una banda de frecuencias en ondas decamétricas y la frecuencia de trabajo propuesta en esa banda no es adecuada, el SCA busca otra frecuencia de trabajo adecuada para el tipo de comunicación en la misma banda de frecuencias. Debe utilizar el receptor que esté participando en la comunicación.

Cuando hay una frecuencia de trabajo adecuada en la banda de frecuencias más apropiada o en la siguiente más apropiada para la comunicación subsiguiente, el SCA notifica al operador la frecuencia de trabajo identificada con el modo propuesto y el operador puede decidir si acepta la llamada del SCA.

Si el operador decide aceptar la llamada SCA, el SCA responde a la estación llamante en la frecuencia SCA más adecuada, según el § A5-2.3.1, incluyendo de manera positiva la frecuencia de trabajo o el canal. A continuación, se sigue el procedimiento descrito en el § A5-2.3.5.

La respuesta positiva de una estación de barco a otra estación de barco cuando se acepta la conexión se compone como sigue:

- Categoría de la llamada: SCA;
- Primer telemando del mensaje 1: tipo de comunicación (por ejemplo J3E, F1B o datos);
- Segundo telemando del mensaje 1: sin información;
- Mensaje 2: frecuencia de trabajo.

Si el operador decide rechazar la llamada SCA, el SCA responde a la estación llamante en la frecuencia SCA más adecuada según el § A5-2.3.1 de manera negativa y el procedimiento pasa a reiniciar la exploración.

La respuesta negativa de una estación de barco a otra estación de barco cuando el operador rechaza la llamada se compone como sigue:

- Categoría: SCA;
- Primer telemando del mensaje 1: incapaz de responder;
- Segundo telemando del mensaje 1: no hay operador disponible u operador indisponible temporalmente;
- Mensaje 2: posición, si está disponible, o sin información.

Cuando no hay una frecuencia adecuada en la banda de frecuencias más apropiada ni en la siguiente, el SCA responde a la estación llamante para rechazar la conexión en la frecuencia SCA más adecuada según el § A5-2.3.1.

La respuesta negativa de una estación de barco a otra estación de barco cuando no se ha identificado una frecuencia de trabajo se compone como sigue:

- Categoría de la llamada: SCA;
- Primer telemando del mensaje 1: incapaz de responder;
- Segundo telemando del mensaje 1: incapaz de utilizar el canal propuesto;
- Mensaje 2: posición, si está disponible, o sin información.

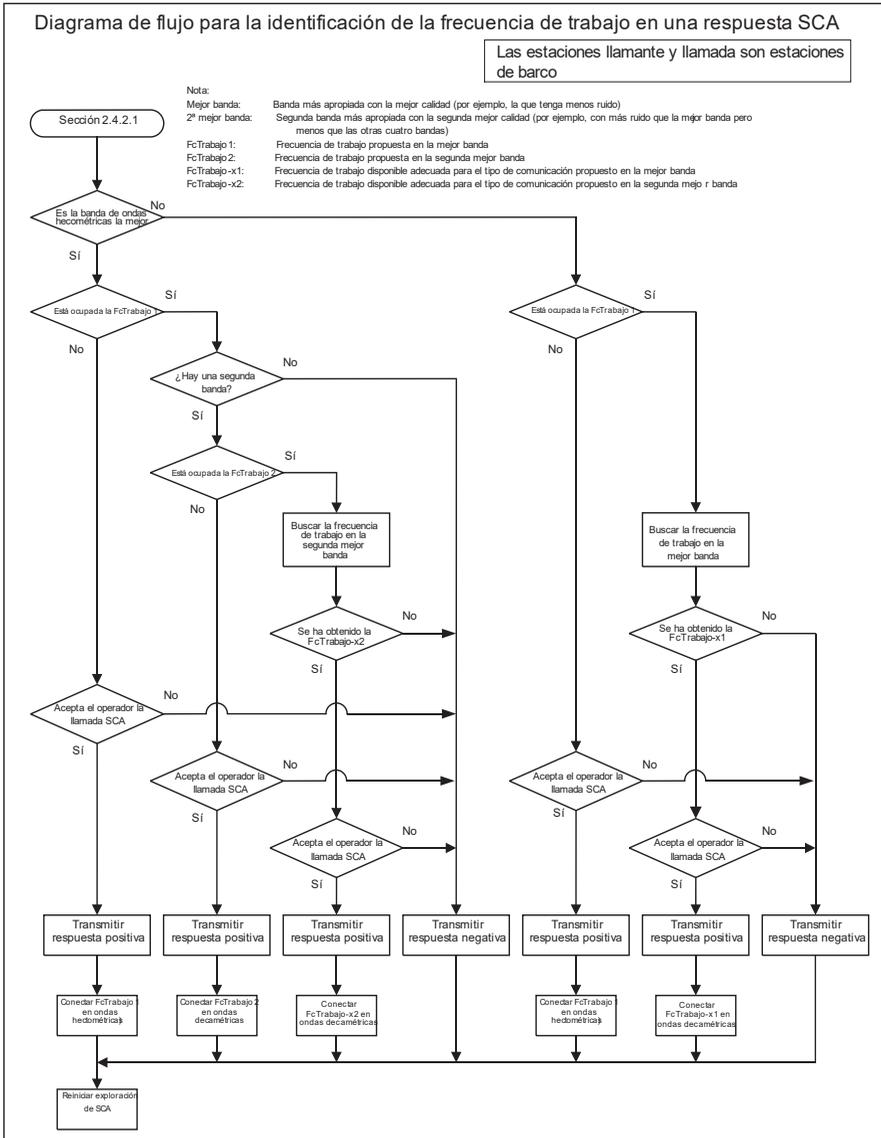
Cuando no se ha identificado una frecuencia de trabajo, el SCA responde para rechazar la conexión a la estación llamante en la frecuencia más adecuada del SCA según el § A5-2.3.1, con las condiciones siguientes:

- cuando la banda de frecuencias más apropiada sea la banda de ondas hectométricas y la frecuencia de trabajo propuesta no es adecuada, y además no existe una frecuencia de trabajo alternativa adecuada en la segunda banda de frecuencias más apropiada de ondas decamétricas; o
- cuando la banda de frecuencias más apropiada sea la banda de ondas decamétricas y la frecuencia de trabajo propuesta no es adecuada, y además no existe una frecuencia de trabajo alternativa adecuada; o
- en el caso de SCA sólo en la banda en ondas hectométricas, la frecuencia de trabajo propuesta no es adecuada.

A continuación, el receptor designado para SCA reinicia la exploración.

FIGURA A5-3

Diagrama de flujo para la identificación de la frecuencia de trabajo y la subsiguiente respuesta SCA para la estación llamada cuando la estación llamante y la estación llamada son estaciones de barco



A5-2.4.2.2 Respuesta de una estación costera a una estación de barco

Cuando la estación llamante es una estación de barco y la estación llamada es una estación costera, el procedimiento de la Fig. A5-4 se aplica para identificar la frecuencia y a la subsiguiente respuesta SCA.

Cuando la banda de frecuencias más apropiada es una banda de ondas hectométricas, el SCA busca en la banda de ondas hectométricas una frecuencia de trabajo disponible (por ejemplo, una frecuencia no ocupada) para el tipo de comunicación propuesto. Si no se identifica ninguna frecuencia adecuada en la banda de ondas hectométricas, el SCA busca en la segunda banda más apropiada una frecuencia de trabajo disponible.

Cuando la banda de frecuencias más apropiada es una banda de ondas decamétricas, el SCA busca en la banda de ondas decamétricas una frecuencia de trabajo disponible (por ejemplo, la frecuencia no está ocupada) para el tipo de comunicación propuesto.

Cuando no se identifica una frecuencia adecuada de acuerdo con la Fig. A5-4, el SCA responde para rechazar la conexión con una estación llamante en la frecuencia SCA más adecuada según el § A5-2.3.1 y el receptor designado para el SCA reinicia la exploración.

La respuesta negativa de una estación costera a una estación de barco cuando no se ha identificado una frecuencia de trabajo se compone como sigue:

- Categoría de la llamada: SCA;
- Primer teletmando del mensaje 1: incapaz de responder;
- Segundo teletmando del mensaje 1: ocupado;
- Mensaje 2: posición, si está disponible, o sin información.

Cuando se identifica una frecuencia adecuada según la Fig. A5-4, el SCA notifica al operador la frecuencia de trabajo identificada con el modo propuesto y el operador puede decidir si acepta la llamada del SCA.

Si el operador decide aceptar la llamada SCA, el SCA responde a la estación llamante en la frecuencia SCA más adecuada según el § A5-2.3.1 incluyendo de manera positiva la frecuencia de trabajo o el canal. A continuación, se sigue el procedimiento descrito en el § A5-2.3.5.

La respuesta positiva de una estación costera a una estación de barco con aceptación de la conexión se compone como sigue:

- Categoría de la llamada: SCA;
- Primer teletmando del mensaje 1: tipo de comunicación (por ejemplo J3E, F1B o datos);
- Segundo teletmando del mensaje 1: sin información;
- Mensaje 2: frecuencia de trabajo.

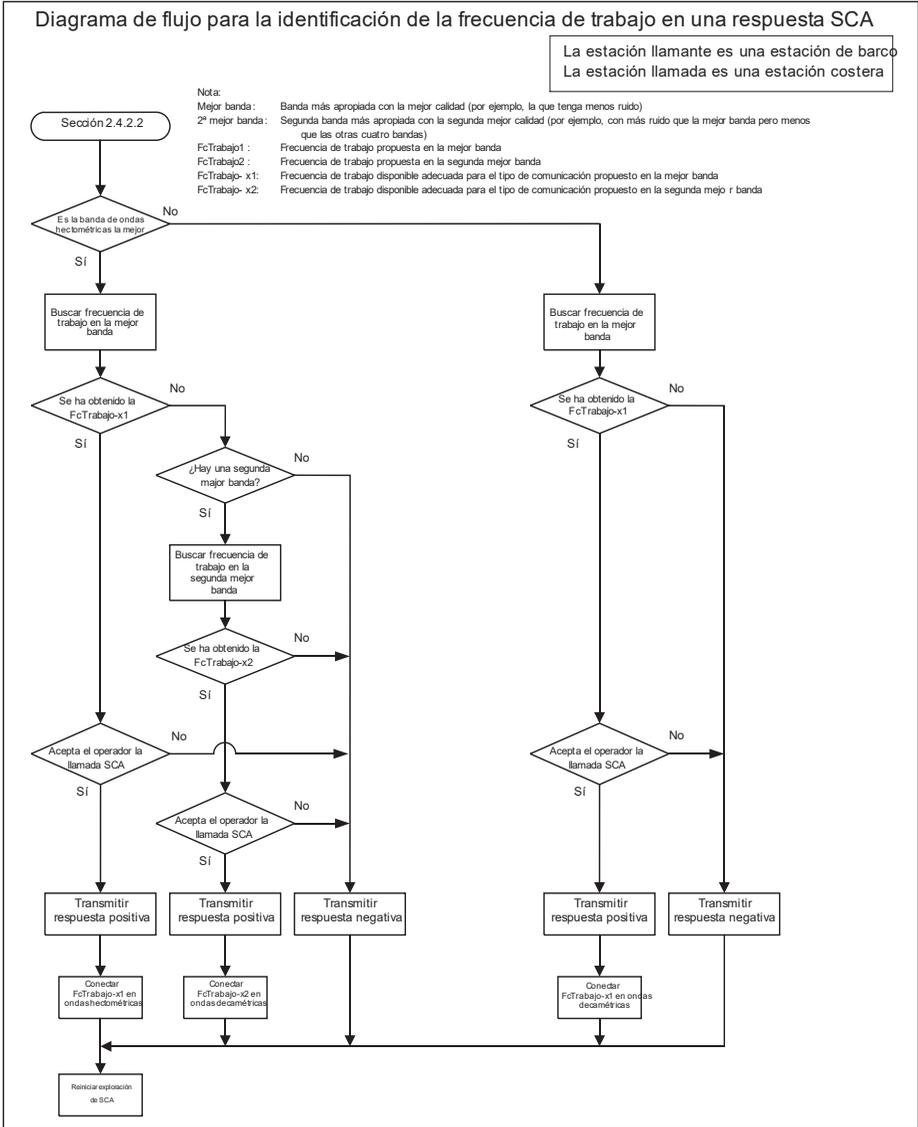
Si el operador decide rechazar la llamada SCA, el SCA responde a la estación llamante en la frecuencia SCA más adecuada según el § A5-2.3.1 de manera negativa y el procedimiento pasa a reiniciar la exploración.

La respuesta negativa de una estación costera a una estación de barco cuando el operador decide rechazar la llamada se compone como sigue:

- Categoría: SCA;
- Primer teletmando del mensaje 1: incapaz de responder;
- Segundo teletmando del mensaje 1: no hay operador disponible u operador indisponible temporalmente;
- Mensaje 2: posición, si está disponible, o sin información.

FIGURA A5-4

Diagrama de flujo para la identificación de la frecuencia de trabajo y la subsiguiente respuesta SCA a la estación llamada cuando la estación llamante es una estación de barco y la estación llamada es una estación costera



A5-2.5 Selección de la frecuencia de trabajo

A5-2.5.1 El ajuste previo de las frecuencias de trabajo en cada banda de ondas hectométricas/decamétricas constituye la base para la búsqueda de la frecuencia de trabajo disponible según los § A5-2.2.3 y A5-2.4. La frecuencia de trabajo para la comunicación subsiguiente debe seleccionarse del Apéndice 17 del RR según el tipo de comunicación subsiguiente. En radiotelefonía, se recomienda el funcionamiento *símplex* utilizando una sola frecuencia para la radiocomunicación de barco a barco, sin embargo, se recomienda el funcionamiento *dúplex* o *semidúplex* utilizando frecuencias emparejadas para la correspondencia pública entre la estación costera y la estación de barco.

A5-2.5.2 Si el tipo de comunicación subsiguiente es la radiotelefonía en ondas decamétricas, la frecuencia de trabajo debe seleccionarse de entre las frecuencias de la sección 1 de la parte B del Apéndice 17 del RR. Sin embargo, deben evitarse las frecuencias para el tráfico de socorro y seguridad o las frecuencias de llamada.

A5-2.5.3 En la radiotelefonía entre una estación costera y una estación de barco, la frecuencia de trabajo debe ser propuesta siempre por la estación costera. Si la frecuencia de trabajo propuesta no está disponible para la estación de barco llamada, la estación de barco responde con su información de posición y espera otra propuesta de frecuencia de trabajo de la estación costera.

A5-2.5.4 Para minimizar las interferencias de las frecuencias de trabajo en las comunicaciones *dúplex*, si el último dígito de la ISMM de la estación de barco llamada es par, se recomienda utilizar la frecuencia de trabajo del número de canal par en cada banda de frecuencias del Apéndice 17 del RR. Si el último dígito de la ISMM de la estación de barco llamada es un número impar, se recomienda utilizar la frecuencia de trabajo del número de canal impar en cada banda de frecuencias.

Anexo 6

Dispositivos autónomos de radiocomunicaciones marítimas del Grupo A de hombre al agua que utilizan la llamada selectiva digital en ondas métricas para la alerta y la tecnología del sistema de identificación automática para el seguimiento

Introducción

Los dispositivos autónomos de radiocomunicaciones marítimas (DARM) del Grupo A de hombre al agua (MOB) funcionan en el canal 70 de la banda de ondas métricas para la alerta LLSD en ondas métricas y en las frecuencias del sistema de identificación automática (SIA) para el seguimiento. Los dispositivos están equipados con LLSD en ondas métricas y un SIA transmisor. Las características técnicas se describen en la Recomendación UIT-R M.2135.

A6-1 Alerta de llamada selectiva digital

Los dispositivos DARM del Grupo A MOB pueden ser activados manual o automáticamente si una persona cae por la borda. Una vez activado el dispositivo transmite una alerta de socorro LLSD. El mensaje de alerta es una alerta de socorro con el campo de la naturaleza del socorro puesto en *hombre al agua* y el campo de comunicación subsiguiente puesto en *sin información*.

No hay comunicaciones de voz desde dispositivos DARM del Grupo A MOB.

Los dispositivos DARM del Grupo A MOB pueden funcionar:

- en modo de bucle abierto, con la alerta de socorro LLSA dirigida a todas las estaciones, es decir, una alerta de socorro normalizada;
- en modo bucle cerrado, con la alerta de socorro LLSA dirigida a una estación o un grupo de estaciones específicos, normalmente el barco base.

En ambos casos, el transmisor AIS es activado y transmite mensajes hombre al agua AIS.

A6-2 Identificación

Los dispositivos DARM del Grupo A MOB están programados con un identificador marítimo distintivo codificado conforme a la Recomendación UIT-R M.585.

A6-3 Actualización de la posición

Los dispositivos DARM del Grupo A MOB están equipados con un dispositivo electrónico integrado de fijación de la posición. Ahora bien, debe señalarse que la alerta de socorro inicial enviada por un dispositivo DARM del Grupo A MOB no contiene información de posición ni hora, ya que el dispositivo electrónico integrado de fijación de la posición no se ha enganchado a la constelación de satélites.

Tan pronto como el dispositivo electrónico integrado de fijación de la posición es capaz de proporcionar una posición y una hora correctos, el dispositivo MOB transmite una alerta de socorro LLSA y un mensaje AIS con la posición y la hora del dispositivo de fijación de la posición insertados automáticamente.

A6-4 Acuse de recibo

Los dispositivos DARM del Grupo A MOB están equipados con un receptor LLSA para recibir mensajes de acuse de recibo.

Un mensaje de acuse de recibo hace que el dispositivo DARM del Grupo A MOB deje de transmitir alertas LLSA. Por consiguiente, los mensajes de acuse de recibo LLSA sólo deben enviarse cuando el capitán o la persona responsable del barco de rescate lo considere oportuno.

El dispositivo DARM del Grupo A MOB seguirá transmitiendo su posición utilizando la funcionalidad SIA hasta que sea desconectado manualmente o se haya agotado la batería.

Como con otras alertas de socorro LLSA en ondas métricas, los acuses de recibo LLSA a alertas de dispositivos DARM del Grupo A MOB en bucle abierto sólo suelen ser enviados normalmente por estaciones costeras, o siguiendo instrucciones de una estación costera. No obstante, el barco de rescate puede enviar un mensaje de acuse de recibo LLSA si la persona que cayó al agua ha sido rescatada.

Una vez rescatada la persona que cayó al agua, el dispositivo DARM del Grupo A MOB debe ser desconectado lo antes posible y debe transmitirse un anuncio que anula la alerta de socorro en el canal 16 de ondas métricas.

A6-5 Cancelación de una alerta de socorro involuntaria

Una estación que transmita una alerta de socorro involuntaria desde un dispositivo DARM del Grupo A MOB debe cancelar la alerta de socorro aplicando el siguiente procedimiento:

- de forma inmediata, desconectar el dispositivo MOB, que provoca el envío automático de un mensaje de autocancelación LLSA;

- cancelar verbalmente la alerta de socorro en el canal 16 de ondas métricas (véase el número **32.53E** del RR) por la estación asociada;
- comprobar técnicamente el canal 16 de ondas métricas, y responder, en su caso, a cualquier comunicación relativa a esa alerta de socorro.

Anexo 7

Frecuencias utilizadas para la llamada selectiva digital

A7-1 Las frecuencias utilizadas para fines de socorro, urgencia y seguridad mediante técnicas de LLSD son las siguientes (Apéndice 15 del RR):

2 187,5	kHz
4 207,5	kHz
6 312	kHz
8 414,5	kHz
12 577	kHz
16 804,5	kHz
156,525	MHz (Nota 1)

NOTA 1 – Además de para fines de socorro, urgencia y seguridad, la frecuencia de 156,525 MHz se podrá también utilizar con LLSD para otros fines.

A7-2 Para la LLSD, para fines distintos del socorro, urgencia, seguridad y SCA, pueden asignarse sobre una base internacional las siguientes frecuencias a las estaciones de barco y a las estaciones costeras (véase la Nota 2):

A7-2.1 Estaciones de barco (véase la Nota 2)

2 177 (Nota 3)	2 189,5		kHz
4 208	4 208,5	4 209	kHz
6 312,5	6 313	6 313,5	kHz
8 415	8 415,5	8 416	kHz
12 577,5	12 578	12 578,5	kHz
16 805	16 805,5	16 806	kHz
18 898,5	18 899	18 899,5	kHz
22 374,5	22 375	22 375,5	kHz
25 208,5	25 209	25 209,5	kHz
		156,525	MHz

A7-2.2 Estaciones costeras (véase la Nota 2)

2 177			kHz
4219,5	4 220	4 220,5	kHz
6 331	6 331,5	6 332	kHz
8 436,5	8 437	8 437,5	kHz
12 657	12 657,5	12 658	kHz
16 903	16 903,5	16 904	kHz
19 703,5	19 704	19 704,5	kHz
22 444	22 444,5	22 445	kHz
26 121	26 121,5	26 122	kHz
		156,525	MHz

NOTA 2 – Las siguientes frecuencias asignadas por pares (para estaciones de barco y costeras) 4 208/4 219,5 kHz, 6 312,5/6 331 kHz, 8 415/8 436,5 kHz, 12 577,5/12 657 kHz, 16 805/16 903 kHz, 18 898,5/19 703,5 kHz, 22 374,5/22 444 kHz y 25 208,5/26 121 kHz son las frecuencias internacionales de primera elección para la LLSA (véase el Apéndice 17 del RR).

NOTA 3 – La frecuencia de 2 177 kHz puede utilizarse únicamente por las estaciones de barco para la llamada entre barcos.

A7-2.3 Frecuencias para el sistema de conexión automática mediante llamada selectiva digital de estaciones de barco y estaciones costeras

- Llamada SCA en la banda de frecuencias de 2 MHz.
- Llamada SCA en la banda de frecuencias de 4 MHz.
- Llamada SCA en la banda de frecuencias de 6 MHz.
- Llamada SCA en la banda de frecuencias de 8 MHz.
- Llamada SCA en la banda de frecuencias de 12 MHz.
- Llamada SCA en la banda de frecuencias de 16 MHz.



RECOMENDACIÓN UIT-R M.585-9*

Asignación y uso de identidades del servicio móvil marítimo

(1982-1986-1990-2003-2007-2009-2012-2015-2019-2022)

Cometido

Esta Recomendación presenta a las administraciones directrices para la asignación y conservación de recursos de identidad para el servicio móvil marítimo. En esta Recomendación se describen las limitaciones que restringen las asignaciones a los barcos que utilizan servicios por satélite del Sistema Mundial de Socorro y Seguridad Marítimos (SMSSM).

El Anexo 1 describe formatos para las identidades del servicio móvil marítimo (MMSI) de estaciones de barco, estaciones costeras, aeronaves que participan en operaciones de búsqueda y salvamento y demás comunicaciones de seguridad, dispositivos de ayuda a la navegación del sistema de identificación automática (SIA) y embarcaciones que pertenecen a un barco base.

El Anexo 2 describe formatos para la identificación de otros dispositivos marítimos, como transeceptores portátiles de ondas métricas con llamada selectiva digital (LLSD) y receptor de sistema mundial de navegación por satélite integral (SMNS), transmisor de búsqueda y salvamento SIA (SIA-SART), hombre al agua (MOB), radiobaliza de localización de siniestros (RLS)-SIA y dispositivos radioeléctricos marinos autónomos (AMRD).

El Anexo 3 proporciona a las administraciones directrices específicas relativas a la asignación, gestión y conservación de recursos de identidad para el servicio móvil marítimo. Estas directrices muestran además a las administraciones distintos métodos para reutilizar asignaciones de la MMSI y dispositivos que utilizan una identidad numérica de formato libre.

Palabras clave

Identidades, MMSI, servicio móvil marítimo

Lista de abreviaturas/glosario

AaN	Ayudas a la navegación
AMRD	Dispositivos radioeléctricos marinos autónomos (<i>Autonomous maritime radio devices</i>)
CCS	Centro coordinador de salvamento
IALA	Asociación Internacional de Ayudas a la Navegación Marítima y Autoridades de Faros (<i>International Association of Marine Aids to Navigation and Lighthouse Authorities</i>)
LLSD	Llamada selectiva digital
MARS	Sistema de acceso y consulta del servicio móvil marítimo (<i>Maritime mobile Access and Retrieval System</i>)
MID	Cifra de identificación marítima (<i>Maritime identity digit</i>)
MMSI	Identidad del servicio móvil marítimo (<i>Maritime mobile service identity</i>)
MOB	Hombre al agua (<i>man overboard</i>)
RLS	Radiobaliza de localización de siniestros
SAR	Búsqueda y salvamento (<i>Search and rescue</i>)

* La presente Recomendación debe señalarse a la atención de la Asociación Internacional de Señalización Marítima (AISM), la Organización de Aviación Civil Internacional, la Organización Hidrográfica Internacional y la Organización Marítima Internacional y el Comité Internacional Radiomarítimo.

SIA	Sistema de identificación automática
SIA-SART	Transmisor de búsqueda y salvamento SIA (<i>AIS search and rescue transmitter</i>)
SMM	Servicio móvil marítimo
SMNS	Sistema mundial de navegación por satélite
SMSSM	Sistema mundial de socorro y seguridad marítimos
VDL	Enlace de datos de VHF (<i>VHF data link</i>)

Recomendaciones, Informes y Resoluciones del UIT-R conexas

Resoluciones

344 (Rev.CMR-19): Gestión del recurso de numeración de identidades marítimas

Recomendaciones

UIT-R M.493 – Sistema de llamada selectiva digital para el servicio móvil marítimo

UIT-R M.1080 – Mejora del sistema de llamada selectiva digital en las instalaciones con múltiples equipos

UIT-R M.1371 – Características técnicas de un sistema de identificación automático mediante acceso múltiple por división en el tiempo en la banda de frecuencias de ondas métricas del servicio móvil marítimo

UIT-R M.2135 – Características técnicas de los dispositivos autónomos de radiocomunicaciones marítimas que funcionan en la banda de frecuencias 156-162,05 MHz

Informe

UIT-R M.2285 – Sistemas y dispositivos marítimos de localización de sobrevivientes (sistemas «hombre al agua») – Visión general de los sistemas y su modo de funcionamiento

Recomendación UIT-T

UIT-T E.217 (02/19) – Comunicaciones marítimas – Identidad de estación de barco

La Asamblea de Radiocomunicaciones de la UIT,

considerando

- a) que debe haber identidades estructuradas a efectos de seguridad y telecomunicaciones en el servicio móvil marítimo (SMM);
- b) que el identificador marítimo en el SMM se basa en una estructura de 9 cifras;
- c) que la identidad del servicio móvil marítimo (MMSI) es un tipo de identificador de 9 cifras;
- d) que las identidades designadas para dispositivos con fines especiales se componen de un segundo tipo de identificador de 9 cifras;
- e) que la MMSI debe ser la identidad única asignada a las estaciones que se indican en el Anexo 1 a la presente Recomendación;
- f) que las identidades utilizadas para otros dispositivos marítimos con fines especiales que se indican en el Anexo 2 a la presente Recomendación no son necesariamente únicas y no son asignaciones a la MMSI;
- g) que todas las identidades marítimas han de poder utilizarse con sistemas de radiocomunicaciones automatizados;
- h) que, las identidades que se asignen a las estaciones de barco, las estaciones costeras, las aeronaves que participan en operaciones de búsqueda y salvamento y demás comunicaciones de

seguridad, los dispositivos de ayuda a la navegación y las embarcaciones que pertenecen a un barco de base y las que se utilicen para las llamadas a grupos de barcos deben ser de naturaleza análoga;

i) que es posible utilizar la MMSI para establecer llamadas telefónicas a barcos encaminadas por las redes públicas conmutadas a una estación costera apropiada;

j) que los sistemas móviles por satélite permiten que la comunidad marítima participe en los sistemas de telecomunicaciones de correspondencia pública internacional, o bien que interfuncione con ellos, de forma totalmente automática, si se emplea el esquema de identidades, de nombres y de direcciones;

k) que el esquema de numeración especificado para las generaciones existentes de los sistemas móviles por satélite del sistema mundial de socorro y seguridad marítimos (SMSSM) sea compatible con el servicio de correspondencia pública internacional,

recomienda

1 que a los barcos que cumplen lo dispuesto en las enmiendas al Convenio internacional para la seguridad de la vida humana en el mar (1974) y a otros barcos equipados con sistemas automáticos de radiocomunicación, incluidos los sistemas de identificación automática (SIA), la llamada selectiva digital (LLSD), o con dispositivos de alerta del SMSSM se les asigne MMSI de barco de conformidad con el Anexo 1 a esta Recomendación;

2 que las identidades marítimas empleadas para otros dispositivos marítimos con fines especiales se asignen de conformidad con lo que se especifica en el Anexo 2;

3 que las estaciones de barco, incluidos los transeceptores portátiles de ondas métricas con LLSD y el receptor de sistema mundial de navegación por satélite integral (SMNS), las costeras y las aeronaves que participan en operaciones de búsqueda y salvamento que utilizan equipos de llamada selectiva digital conforme con la Recomendación UIT-R M.493 utilicen sus identidades numéricas de 9 cifras transmitiéndolas como una dirección/autoidentificación de 10 cifras normalmente mediante la adición de una cifra 0 al final de la identidad (véase también la Recomendación UIT-R M.1080);

4 que las estaciones de barco, las estaciones costeras y las estaciones distintas a las de barco que emplean equipos SIA utilicen sus identidades numéricas de 9 cifras de conformidad con la Recomendación UIT-R M.1371;

5 que para garantizar la compatibilidad con el Sistema Mundial de Socorro y Seguridad Marítimos, los correspondientes proveedores de servicios de telecomunicaciones, pongan a disposición de todas las entidades autorizadas los números, nombres y direcciones de las estaciones terrenas de barco que participan en los servicios de telecomunicaciones internacionales;

6 que se consulten las orientaciones dadas en el Anexo 3 con relación a la asignación, gestión y conservación de identidades del servicio móvil marítimo.

Anexo 1

Identidades del servicio móvil marítimo

Sección 1

Asignación de identidades a estaciones de barco

1 A los barcos que participen en los servicios radioeléctricos marítimos mencionados en el *recomienda* 1 de la parte dispositiva se les asignará una identidad de estación de barco única de 9 cifras, con el formato M₁I₂D₃X₄X₅X₆X₇X₈X₉, cuyas tres primeras cifras representan las cifras de identificación marítima (MID) y X es un número de 0 a 9. Las MID indican la administración de que depende la estación de barco así identificada.

2 En algunas redes télex y/o telefónicas nacionales pueden existir restricciones en cuanto al número máximo de cifras que es posible transmitir para la identificación de estaciones de barco.

3 El número máximo de cifras que podía transmitirse por la red nacional de muchos países como identidad de una estación de barco era 6. Las cifras transmitidas por la red que representan la identidad de la estación de barco se denominan «número de estación de barco» en el presente texto y en las Recomendaciones UIT-R pertinentes.

4 El formato de las identidades de llamada a grupos de estaciones de barco para llamar simultáneamente a más de un barco es el siguiente:

$$0_1M_2I_3D_4X_5X_6X_7X_8X_9$$

siendo cero la primera cifra y X un número de 0 a 9. Las MID representan el territorio o zona geográfica de la administración que asigna la identidad de llamada al grupo de estaciones de barco y, por consiguiente, se puede llamar a flotas constituidas por barcos de varias nacionalidades.

5 Con la evolución de los sistemas mundiales de comunicaciones móviles por satélite, las estaciones terrenas de barcos pueden participar en los servicios de telecomunicación de correspondencia pública internacional. A las estaciones terrenas de barcos que disponen de esta funcionalidad se les pueden asignar números de telecomunicaciones internacionales que no tienen correspondencia directa con la MMSI de la estación de barco. El organismo autorizado para asignar los números, nombres y direcciones asociados con esas estaciones terrenas de barcos debe mantener un registro de las relaciones de interreferencia con la MMSI; por ejemplo, en una base de datos apropiada. A efectos del SMSSM los detalles de esas relaciones se deben poner a disposición de entidades autorizadas tales como el centro coordinador de salvamento (CCS)¹, pero no limitadas a los mismos. La disponibilidad debe ser automática, las 24 h del día durante los 365 días del año.

¹ La Resolución A.1001(25) de la Organización Marítima Internacional dispone que las comunicaciones con prioridad de socorro de estos sistemas deben, en la medida posible, encaminarse automáticamente a un CCS.

Sección 2

Asignación de identidades a estaciones costeras

1 Las estaciones costeras y otras estaciones en tierra que participen en los servicios de radiocomunicaciones marítimas mencionados en el *recomienda* 3 de la parte dispositiva se les asignará una identidad de estación costera única de 9 cifras, con el formato $0_10_2M_3I_4D_5X_6X_7X_8X_9$ cuyas cifras 3, 4 y 5 representan las cifras de identificación marítima (MID) y X es un número de 0 a 9. Las MID denotan la administración de que depende la estación costera o la estación terrena costera.

2 Dado que el número de estaciones costeras disminuye en muchos países, es posible que las administraciones estimen conveniente asignar las MMSI con el formato anterior a estaciones portuarias, estaciones de practica y otras estaciones que participan en los servicios marítimos. Las estaciones interesadas deben encontrarse en tierra o en una isla para poder emplear el formato 00MIDXXXX.

3 La administración puede utilizar la sexta cifra para diferenciar ciertos usos específicos de esta clase de MMSI, como se muestra en el siguiente ejemplo:

- a) 00MID1XXX Estaciones costeras
- b) 00MID2XXX Estaciones portuarias (estaciones de radiocomunicaciones portuarias)
- c) 00MID3XXX Estaciones de prácticas
- d) 00MID4XXX Estaciones repetidoras del SIA
- e) 00MID5XXX Estaciones de base AIS (estaciones de control VDL)

4 Con este formato se obtienen un plan constituido por bloques de 999 números para cada categoría de estación, aunque este método es optativo y debe considerarse únicamente como un ejemplo. Existen muchas otras posibilidades en caso de que la administración desee incrementar el plan.

5 Las identidades de llamada a grupos de estaciones costeras para llamar simultáneamente a varias estaciones costeras es un subconjunto de las identidades de estaciones costeras, y su formato es el siguiente:

$$0_10_2M_3I_4D_5X_6X_7X_8X_9$$

siendo cero las dos primeras cifras y X es un número de 0 a 9. Las MID representan el territorio o zona geográfica de la administración que asigna la identidad de llamada al grupo de estaciones costeras. La identidad puede asignarse a estaciones de una administración que están ubicadas en una sola región geográfica según lo indicado en las correspondientes Recomendaciones UIT-T.

6 La combinación $0_10_2M_3I_4D_50_60_70_80_9$ debe estar reservada para la identidad de grupo de estaciones costeras, la cual debe abarcar todas las estaciones 00MIDXXXX de la administración. La administración puede ampliar más este uso mediante identidades de llamada a grupos adicionales, por ejemplo, 00MID1111, etc.

7 A los efectos del SMSSM, la información relativa a estas asignaciones MMSI se deben poner a disposición de las entidades autorizadas, tales como el CCS. La disponibilidad debe ser automática, las 24 h del día durante los 365 días del año.

8 La combinación $0_10_29_39_49_50_60_70_80_9$ está reservada para la identidad de todas las estaciones costeras, la cual debe abarcar todas las estaciones 00XXXXXXXX en ondas métricas. Esto no es aplicable a las estaciones costeras en ondas hectométricas y decamétricas.

Sección 3

Asignación de identidades a aeronaves

1 Cuando se necesite que una aeronave utilice las identidades del servicio móvil marítimo (MMSI) para comunicaciones relativas a operaciones de búsqueda y salvamento y demás comunicaciones de seguridad con estaciones del SMM, la administración responsable le asignará una identidad de aeronave única de 9 cifras, con el formato $1_1 1_2 1_3 M_4 I_5 D_6 X_7 X_8 X_9$, cuyas cifras 4, 5 y 6 representan las MID y X es un número de 0 a 9. Las MID denotan la administración de que depende la identidad de llamada a aeronave.

2 Este formato permite identificar 999 aeronaves por MID. En caso de que necesite más de 999 aeronaves de búsqueda y salvamento (SAR), la administración puede utilizar un indicativo de país adicional (MID) que le haya asignado la UIT.

3 La administración puede utilizar la séptima cifra para diferenciar ciertos usos específicos de esta clase de MMSI, como se muestra en el siguiente ejemplo:

- a) 111MID1XX Aviones
- b) 111MID5XX Helicópteros

4 Con este formato se obtienen bloques de 999 números para cada categoría de estación, aunque este método es optativo.

5 La combinación $1_1 1_2 1_3 M_4 I_5 D_6 0_7 0_8 0_9$ debe estar reservada para la identidad de grupo de aeronaves, la cual debe abarcar todas las estaciones 111MIDXXX de la administración. La administración puede ampliar más este uso mediante identidades de llamada a grupos adicionales, por ejemplo 111MID111, etc.

6 A los efectos de búsqueda y salvamento, la información relativa a estas asignaciones MMSI se deben poner a disposición de las entidades autorizadas, tales como el CCS. La disponibilidad debe ser automática, las 24 h del día durante los 365 días del año.

7 Las MMSI asignadas a aeronaves deben figurar también en la base de datos del sistema de acceso y consulta del servicio móvil marítimo (MARS) de la UIT (véase el número **20.16** del RR).

Sección 4

Asignación de identidades a dispositivos de ayuda a la navegación con sistemas de identificación automática

1 Cuando una estación de ayuda a la navegación en el mar requiera un mecanismo de identificación automática, la administración responsable le asignará un número único de 9 cifras, con el formato $9_1 9_2 M_3 I_4 D_5 X_6 X_7 X_8 X_9$, cuyas cifras 3, 4 y 5 representan las MID y X es un número de 0 a 9. Las MID denotan la administración de que depende la identidad de llamada para ayuda a la navegación.

2 Este formato se aplica a todos los tipos de dispositivos de ayuda a la navegación indicados en la versión más reciente de la Recomendación UIT-R M.1371, véase el Mensaje 21 del SIA «Tipo de ayudas a la navegación» y el cuadro asociado a este parámetro. Este formato se utiliza en todas las estaciones SIA para transmitir mensajes referentes a los dispositivos de ayudas a la

navegación. Cuando una estación de base SIA ocupa el mismo lugar que una estación de dispositivos de ayuda a la navegación con SIA, a los mensajes relativos al funcionamiento de la estación de base debe asignárseles un número de identificación en el formato señalado en el Anexo 2.

3 El formato precitado permite identificar 10 000 dispositivos de ayuda a la navegación por MID. En caso de que necesite más de 10 000, la administración puede utilizar un indicativo de país adicional (MID) que le haya asignado la UIT, lo que le resulta en 10 000 identidades más.

4 La administración puede utilizar la sexta cifra para diferenciar ciertos usos específicos de esta clase de MMSI, como se muestra en el siguiente ejemplo:

- a) 99MID1XXX Dispositivo físico de ayuda a la navegación con SIA
- b) 99MID6XXX Dispositivo virtual de ayuda a la navegación con SIA
- c) 99MID8XXX AaN móvil

5 Con este formato se obtienen bloques de 999 números para cada categoría de estación, aunque este método es optativo y debe considerarse como un ejemplo.

6 Además de utilizar la sexta cifra para diferenciar dispositivos de ayuda a la navegación específicos según se ha indicado antes, puede utilizarse la séptima cifra a escala nacional para definir las zonas en las que se encuentran estos sistemas o tipos de sistemas, a discreción de la administración del caso.

7 La información relativa a estas asignaciones MMSI se deben poner a disposición de las entidades autorizadas, tales como la Asociación Internacional de autoridades de señalización marítima y ayudas a la navegación (AISM) y a las autoridades nacionales competentes.

8 Las MMSI asignadas a dispositivos de ayuda a la navegación deben figurar también en la base de datos MARS de la UIT (véase el número **20.16** del RR).

Sección 5

Asignación de identidades a embarcaciones pertenecientes a un barco de base

1 Las embarcaciones asociadas a un barco de base necesitan una identificación única. A estas embarcaciones que participan en el SMM se les asignará un número único de 9 cifras, con el formato 9₁8₂M₃14D₅X₆X₇X₈X₉, cuyas cifras 3, 4 y 5 representan las MID y X es un número de 0 a 9. Las MID denotan la administración de que depende la identidad a la embarcación perteneciente a un barco de base.

2 Este formato de numeración sólo es válido en embarcaciones pertenecientes a un barco de base. La embarcación puede transportar varios dispositivos que se identificarían mediante la MMSI asignada a la embarcación. Estos dispositivos pueden estar a bordo de botes, esquifes, balsas salvavidas u otras embarcaciones pertenecientes a un barco base pero separados de los transmisores de búsqueda y salvamento (SIA-SART).

3 A cada embarcación perteneciente a un barco de base se le asignará una MMSI única, se la registrará por separado y estará vinculada a la MMSI del barco de base.

4 Este formato permite identificar 10 000 embarcaciones pertenecientes a un barco de base por cada MID. En caso de que necesite más de 10 000, la administración puede utilizar un indicativo de país adicional (MID) que le haya asignado la UIT, con lo que se obtienen 10 000 identidades más.

5 Las MMSI asignadas a estas embarcaciones pertenecientes a un barco de base deben figurar también en la base de datos MARS de la UIT (véase el número **20.16** del RR).

Anexo 2

Identities marítimas utilizadas para otros dispositivos marítimos con fines especiales

Estas identidades utilizan recursos de numeración MID, pero poseen unos usos especiales que se definen en cada una de las secciones que siguen.

Sección 1

Asignación de identidades para transceptores portátiles de ondas métricas con llamada selectiva digital y receptor de sistema mundial de navegación por satélite integral

1 Un transceptor portátil de ondas métricas con LLSD y receptor de SMNS integral puede requerir una única identificación que muestre que la capacidad de la batería y la zona de cobertura de dicho dispositivo están restringidas. Esto puede proporcionar información adicional en una situación de emergencia.

2 El transceptor portátil de ondas métricas con LLSD y receptor de SMNS integral debe usarse exclusivamente en el servicio móvil marítimo.

3 A un transceptor portátil de ondas métricas con LLSD y receptor de SMNS integral que funcione en el servicio móvil marítimo debe asignársele un único número de nueve cifras con el formato 8₁M₂I₃D₄X₅X₆X₇X₈X₉, donde los dígitos 2, 3 y 4 representan las MID y X es cualquier cifra de 0 a 9. MID representa la administración que asigna la identidad al transceptor portátil.

8₁M₂I₃D₄X₅X₆X₇X₈X₉

4 Compete a la administración interesada fijar el procedimiento y los criterios para la asignación y el registro de estas identidades.

5 Deben observarse unos procedimientos mínimos en el registro de esta identidad:

- a) todas las identidades de esta categoría deben registrarse ante la autoridad nacional interesada, y el CCS o el CCSM deben poder acceder a los datos en todo momento. En sistemas con prioridad de socorro automática, esta información debe transmitirse automáticamente a un CCS;
- b) la reutilización de esta identidad debe seguir las orientaciones del Anexo 3 a la presente Recomendación.

6 La administración puede utilizar la quinta cifra para diferenciar entre los usuarios de la identidad marítima. No obstante, este método es optativo y solamente para uso nacional.

Sección 2

Dispositivos que utilizan una identidad numérica de formato libre

Estas identidades, que utilizan el prefijo de 3 cifras (atribuido con arreglo al cuadro de cifras de identificación marítima), se emplean para identificar equipos de radiocomunicaciones marítimas tales como el sistema de SIA-SART, los dispositivos de hombre al agua (MOB), el sistema de radiobalizas de localización de siniestros (RLS-SIA) y equipos similares que precisan identificación.

1 Sistema de identificación automática – transmisor de búsqueda y salvamento²

El SIA-SART debe utilizar una identidad:

$$9_17_20_3X_4X_5Y_6Y_7Y_8Y_9$$

(donde X_4X_5 = identificador del fabricante, de 01 a 99; $Y_6Y_7Y_8Y_9$ = número de secuencia de 0000 a 9999. Al llegar a 9999, el fabricante debe reiniciar la numeración de la secuencia en 0000. ID del fabricante «00» se utiliza para fines de prueba.)

2 Hombre al agua

Los dispositivos MOB clasificados como AMRD del Grupo A con arreglo a la versión más reciente de la Recomendación UIT-R M.2135 deberían utilizar una identidad:

$$9_17_22_3X_4X_5Y_6Y_7Y_8Y_9$$

(donde X_4X_5 = identificador del fabricante, de 01 a 99; $Y_6Y_7Y_8Y_9$ = número de secuencia, de 0000 a 9999. Al llegar a 9999, el fabricante debe reiniciar la numeración de la secuencia en 0000. ID del fabricante «00» se utiliza para fines de prueba.)

3 Radiobaliza de localización de siniestros – sistema de identificación automática

El sistema de identificación automática de radiobalizas de localización de siniestros (RLS-SIA) debería utilizar una identidad:

$$9_17_24_3X_4X_5Y_6Y_7Y_8Y_9$$

(donde X_4X_5 = identificador del fabricante, de 01 a 99; $Y_6Y_7Y_8Y_9$ = número de secuencia, de 0000 a 9999. Al llegar a 9999, el fabricante debe reiniciar la numeración de la secuencia en 0000. ID del fabricante «00» se utiliza para fines de prueba.)

La identidad de usuario de la RLS-SIA no indica la MMSI del barco sino la identidad del sistema de aproximación de la RLS-SIA.

² El formato de numeración del SIA-SART debería ser distinto de otros múltiples dispositivos a bordo que se identificarían mediante la MMSI asignada a la embarcación. Estos dispositivos pueden estar a bordo de botes, esquifes, balsas salvavidas u otras embarcaciones pertenecientes a un barco de base.

4 Dispositivos radioeléctricos marinos autónomos³

4.1 Dispositivos radioeléctricos marinos autónomos del Grupo A

Los AMRD del Grupo A, de conformidad con la versión más reciente de la Recomendación UIT-R M.2135, identificados como MOB (Clase M de DSC) deberían utilizar el esquema de numeración descrito en el § 2 del Anexo 2.

Los AMRD del Grupo A, de conformidad con la versión más reciente de la Recomendación UIT-R M.2135, identificados como AaN móvil deberían utilizar el esquema de numeración descrito en el § 4 del Anexo 1.

4.2 Dispositivos radioeléctricos marinos autónomos del Grupo B

Los AMRD del Grupo B basados en la tecnología SIA deberían utilizar la identidad conforme a la versión más reciente de la Recomendación UIT-R M.2135:

$$9_17_29_3Y_4Y_5Y_6Y_7Y_8Y_9$$

Las identidades AMRD del Grupo B deberían limitarse a MID 979. La identificación adicional a nivel de cada equipo debería lograrse mediante la información adicional transmitida, tal como se define en la versión más reciente de la Recomendación UIT-R M.2135. La duplicación de números para los dispositivos AMRD del Grupo B es aceptable.

($Y_4Y_5Y_6Y_7Y_8Y_9$ = un número pseudoaleatorio, que ha de determinar el fabricante utilizando una permutación aleatoria de los enteros de 0 a 999999 sin reutilizar un número hasta que se hayan utilizado todos los números. Muchos paquetes de programas informáticos numéricos han incorporado métodos para permutaciones aleatorias. Otra opción es el algoritmo sencillo y adecuado denominado Fisher-Yates-Shuffle. El algoritmo debería alimentarse con un número aleatorio, como una indicación de tiempo, un número secuencial, o alguna combinación de estos, para reducir la posibilidad de que dos o más fabricantes generen la misma secuencia de números.)

Anexo 3

Asignación, gestión y conservación de identidades marítimas

Sección 1

Identidades del servicio móvil marítimo

Las administraciones han de emplear las siguientes medidas para gestionar el recurso limitado de las MMSI a fin de evitar el agotamiento de las MID y de las series de MMSI correspondientes:

- a) aplicar procedimientos nacionales eficaces para la asignación y registro de las MMSI;
- b) proporcionar periódicamente a la Oficina de Radiocomunicaciones las actualizaciones de los números asignados de conformidad con el número **20.16** del RR;

³ Los AMRD del Grupo A deberían funcionar en el canal 70 (DSC), en SIA 1 y en SIA 2.

Los AMRD del Grupo B deberían funcionar en el canal 2006.

- c) garantizar que cuando los barcos cambien la bandera de registro de una administración por la de otra, se reasignen, de la forma precisa, todos los medios de identificación asignados a la estación de barco, incluidas las MMSI y se notifiquen las modificaciones a la Oficina de Radiocomunicaciones tan pronto como sea posible (véase el número **20.16** del RR);
- d) puede estudiarse la reutilización de una asignación MMSI cuando ésta no haya figurado en dos ediciones sucesivas de la Lista V del servicio de publicaciones de la UIT o después de un periodo de dos años, escogiéndose la opción que sea mayor.

Sección 2

Identities marítimas para transceptor portátil de ondas métricas con llamada selectiva digital y receptores de sistema mundial de navegación por satélite integrales

Al asignar identidades marítimas a transceptores portátiles de ondas métricas con LLSD y receptor de SMNS integral, las administraciones han de emplear todas las medidas a su alcance para gestionar de manera eficaz el recurso limitado de identidad.

- a) El esquema de formato de la Sección 1 del Anexo 2, utilizado para asignar identidades al transceptor de ondas métricas, admite 100 000 transceptores de ondas métricas por MID. Cuando la administración afectada haya asignado identidades a 100 000 transceptores de ondas métricas con LLSD y receptor de SMNS integral, podrá utilizar un indicativo de país adicional (MID), si la UIT ya lo ha asignado, lo que le permitirá asignar 100 000 nuevas identidades.
- b) Cuando una administración determine que necesita la atribución adicional de una MID porque ha agotado más del 80% de su recurso de MID atribuido, debe solicitar oficialmente por escrito al Director de la Oficina de Radiocomunicaciones la atribución de una MID adicional.

Sección 3

Dispositivos que utilizan una identidad numérica de formato libre

La entidad responsable de la asignación de los ID de fabricante de dos cifras ($X_4X_5 = 01$ a 99) que se utilizan para formar identidades numéricas de formato libre marítimas para los dispositivos enumerados en la sección 2 del Anexo 2, debería emplear las siguientes medidas para gestionar eficazmente este recurso de identidad limitado:

- a) no asignar más de un ID a un fabricante;
- b) tomar todas las medidas posibles para asegurar que los ID de fabricante no utilizados se devuelvan a la entidad responsable y se reasignen según proceda;
- c) proporcionar anualmente al Grupo de Trabajo del UIT-R pertinente actualizaciones relativas a la utilización de las identidades de fabricante y a los números restantes de identificadores de fabricantes no utilizados;
- d) notificar inmediatamente a la Oficina de Radiocomunicaciones de cualquier cambio en las asignaciones de ID de fabricante para publicación en la página web MARS de la UIT.

RECOMENDACIÓN UIT-R M.633-5*

Características de transmisión de una radiobaliza de localización de siniestros por satélite (RLS por satélite) que utiliza un sistema de satélites en la banda de 406,0-406,1 MHz

(1986-1990-2000-2004-2010-2023)

Cometido

En esta Recomendación se facilitan las características de transmisión de un sistema de radiobalizas de localización de siniestros por satélite (RLS por satélite) que opera en la banda de 406,0-406,1 MHz.

Palabras clave

Satélite, RLS, baliza

Abreviaturas/Glosario

ELT	Transmisor localizador de siniestros (<i>emergency locator transmitter</i>)
PLB	Baliza de localización personal (<i>personal locator beacon</i>)
RLS	Radiobaliza de localización de siniestros
SOLAS	Convenio internacional para la seguridad de la vida humana en el mar (<i>safety of life at sea</i>)

Recomendaciones e Informes UIT conexos

Recomendación UIT-R M.1478 – Criterios de protección de los instrumentos Cospas-Sarsat de búsqueda y salvamento en la banda 406-406,1 MHz

Informe UIT-R M.2359 – Protección de la banda 406-406,1 MHz

La Asamblea de Radiocomunicaciones de la UIT,

considerando

- a) que las RLS por satélite pueden utilizarse para alerta de socorro en los sistemas terrestres, marítimos y aeronáuticos;
- b) que pueden emplearse RLS por satélite con características de transmisión similares (pero otras diferencias de diseño) en diversos entornos de funcionamiento, en los que se les atribuyen diferentes denominaciones, como RLS por satélite en el entorno marítimo, transmisor localizador de siniestros (ELT) en el ámbito de la aviación y baliza de localización personal (PLB) cuando se trata de un dispositivo que transporta una persona;
- c) que las RLS por satélite constituyen uno de los medios prioritarios de alerta de socorro en el Sistema Mundial de Socorro y Seguridad Marítimos (SMSSM) de la Organización Marítima Internacional (OMI);

* Esta Recomendación debe señalarse a la atención de la Organización Marítima Internacional (OMI), de la Organización de Aviación Civil Internacional (OACI), de la Organización Internacional de Telecomunicaciones Móviles por Satélite (IMSO) y la Secretaría del sistema Cospas-Sarsat.

d) que todos los barcos a los que se refiere el Capítulo IV del Convenio internacional para la seguridad de la vida humana en el mar, 1974 (SOLAS), en su versión revisada, están obligados a llevar una RLS por satélite que opere en la banda de frecuencias de 406,0-406,1 MHz;

e) que todas las aeronaves y helicópteros a los que se aplican las Partes I, II y III del Anexo 6 del Convenio de Aviación Civil Internacional tienen que llevar al menos una RLS por satélite que funcione en la banda de 406,0-406,1 MHz (a la que se hace referencia como ELT en la documentación de la OACI),

observando

a) la disponibilidad actual y prevista de satélites operacionales del tipo Cospas-Sarsat en órbita;

b) la disponibilidad actual y prevista del sistema terrestre Cospas-Sarsat,

recomienda

que las características de transmisión y los formatos de datos de las RLS por satélite que funcionen mediante un sistema de satélites en la banda de 406,0-406,1 MHz sean conformes con la Especificación de las balizas de socorro Cospas-Sarsat en la banda de 406 MHz que figura en la versión revisada del Documento Cospas-Sarsat C/S T.001, o con la Especificación de las balizas de socorro Cospas-Sarsat de segunda generación en la banda de 406 MHz que figura en la versión revisada del Documento Cospas-Sarsat C/S T.018.

NOTA 1 – Es posible obtener gratuitamente una copia de la versión más reciente de los Documentos C/S T.001 o C/S T.018 revisados en la Secretaría del sistema Cospas-Sarsat (mail@cospas-sarsat.int) o en el sitio web del sistema Cospas-Sarsat (<http://www.cospas-sarsat.int>).

RECOMENDACIÓN UIT-R S.672-4*

Diagramas de radiación de antenas de satélite para utilizar como objetivo de diseño en el servicio fijo por satélite que emplea satélites geoestacionarios

(1990-1992-1993-1995-1997)

La Asamblea de Radiocomunicaciones de la UIT,

considerando

- a) que el empleo de antenas de estación espacial con los mejores diagramas de radiación actuales conducirá a una utilización más eficaz del espectro radioeléctrico y de la órbita de los satélites geoestacionarios;
- b) que en las estaciones espaciales operacionales se utilizan tanto antenas elípticas (o circulares) con un solo alimentador, como antenas de haz conformado con múltiples alimentadores;
- c) que aunque se está perfeccionando el diseño de antenas de estación espacial, todavía se requiere información antes de que pueda adoptarse un diagrama de radiación de referencia a fines de coordinación;
- d) que la adopción de un diagrama de radiación que sirva de objetivo de diseño para las antenas de estación espacial estimulará la fabricación y utilización de antenas que contribuyan a una utilización eficaz de la órbita;
- e) que a fines de coordinación sólo es necesario especificar las características de radiación de la antena de la estación espacial en las direcciones de la interferencia potencial;
- f) que para una aplicación más amplia, las expresiones matemáticas deberían concordar de la manera más sencilla posible con las predicciones efectivas;
- g) que, sin embargo, esas expresiones deberían tener en cuenta las características de sistemas de antenas reales y ser adaptables a las nuevas tecnologías;
- h) que las dificultades de medición dan lugar a imprecisiones en el modelo de las antenas de vehículo espacial para ángulos grandes a partir del eje;
- j) que las dificultades debidas al tamaño de los lanzadores originan, a su vez, limitaciones en los valores de la relación D/λ de las antenas de satélite, sobre todo a frecuencias bajas, tales como las de las bandas de 6/4 GHz;
- k) que en el Anexo 1 figuran los parámetros del diagrama de radiación de las antenas de estación espacial, tales como el punto de referencia, la zona de cobertura y la ganancia máxima equivalente, que puedan utilizarse para definir un diagrama de antena de estación espacial de referencia;
- l) que se han desarrollado dos programas de computador para calcular los contornos de cobertura (véase el Anexo 2),

* La Comisión de Estudio 4 de Radiocomunicaciones efectuó modificaciones de redacción en esta Recomendación en 2001 de conformidad con la Resolución UIT-R 44 (AR-2000).

recomienda

1 que en el caso de las antenas de satélite con haces circulares o elípticos y un solo alimentador empleadas en el servicio fijo por satélite (SFS), se utilice el siguiente diagrama de radiación como objetivo de diseño fuera de la zona de cobertura:

$$G(\psi) = G_m - 3 (\psi / \psi_b)^\alpha \quad \text{dBi} \quad \text{para} \quad \psi_b \leq \psi \leq a \psi_b \quad (1)$$

$$G(\psi) = G_m + L_N + 20 \log z \quad \text{dBi} \quad \text{para} \quad a \psi_b < \psi \leq 0,5b \psi_b \quad (2a)$$

$$\bar{G}(\psi) = G_m + L_N \quad \text{dBi} \quad \text{para} \quad 0,5b \psi_b < \psi \leq b \psi_b \quad (2b)$$

$$G(\psi) = X - 25 \log \psi \quad \text{dBi} \quad \text{para} \quad b \psi_b < \psi \leq Y \quad (3)$$

$$G(\psi) = L_F \quad \text{dBi} \quad \text{para} \quad Y < \psi \leq 90^\circ \quad (4a)$$

$$G(\psi) = L_B \quad \text{dBi} \quad \text{para} \quad 90^\circ < \psi \leq 180^\circ \quad (4b)$$

donde:

$$X = G_m + L_N + 25 \log (b \psi_b) \quad \text{y} \quad Y = b \psi_b 10^{0,04(G_m + L_N - L_F)}$$

$G(\psi)$: ganancia para un ángulo ψ respecto a la dirección del haz principal (dBi)

G_m : ganancia máxima en la dirección del lóbulo principal (dBi)

ψ_b : mitad de la abertura del haz a 3 dB en el plano considerado (3 dB por debajo de G_m) (grados)

L_N : nivel de los lóbulos laterales próximos con relación a la ganancia máxima (dB) que exige el diseño del sistema

$L_F = 0$ dBi nivel de los lóbulos laterales lejanos (dBi)

z : (eje mayor/eje menor) para el haz de radiación

L_B : $15 + L_N + 0,25 G_m + 5 \log z$ dBi o 0 dBi, tomándose entre ambos el valor más elevado.

NOTA 1 – Los diagramas aplicables a los haces elípticos exigen verificación experimental. Los valores de a que aparecen en el Cuadro 1 son provisionales.

CUADRO 1

L_N (dB)	a	b	α
-20	$2,58 \sqrt{(1 - \log z)}$	6,32	2
-25	$2,58 \sqrt{(1 - 0,8 \log z)}$	6,32	2
-30	–	6,32	–

Los valores numéricos de a , b y α para valores de $L_N = -20$ dB y -25 dB figuran en el Cuadro 1. La determinación de a y α para $L_N = -30$ dB requiere ulterior estudio; se invita a las administraciones a que faciliten datos que permitan determinar los valores de a y α para $L_N = -30$ dB;

2 que para las antenas de vehículos espaciales con haces conformados de múltiples alimentadores, en el SFS, se utilice como objetivo de diseño el diagrama de radiación seleccionado a partir de las fórmulas siguientes, dependiendo de la clase de antena y de la gama de valores de la relación de exploración.

Definición de clases de antenas

- Definición de antenas de clase A:
Las antenas de clase A son aquellas en las que la posición bajo el eje de puntería se encuentra dentro de la zona de cobertura.
- Definición de antenas de clase B:
Las antenas de clase B son aquellas en las que la posición bajo el eje de puntería está fuera de las zonas de cobertura para uno o más de los haces.

Definición de relación de exploración

Existen dos definiciones de relación de exploración:

La relación de exploración, δ , que se menciona en el § 2.1 se define como la distancia angular entre el centro de la cobertura (definido como el centro de la elipse de área mínima) y el punto del borde de la zona de cobertura, dividida por la abertura angular del haz componente.

La relación de exploración, S , utilizada en los § 2.2 y 2.3 se define como la distancia angular entre el eje de puntería de la antena y el punto del borde de la zona de cobertura, dividida por la abertura angular del haz componente.

En la determinación inicial de la parte del *recomienda* que es aplicable a una antena específica de clase A, debe utilizarse la definición de relación de exploración δ ;

2.1 que para antenas de clase A con valores de relación de exploración $\delta \leq 3,5$:

$$G_{\text{dBi}}(\Delta\psi) = \begin{cases} G_{ep} + 0,256 - 13,065 \left(\frac{\Delta\psi}{Q \psi_0} + 0,5 \right)^2 & \text{para } 0 \leq \frac{\Delta\psi}{\psi_0} \leq 0,8904 Q \\ G_{ep} - 25 & \text{para } 0,8904 Q < \frac{\Delta\psi}{\psi_0} \leq 1,9244 Q \\ G_{ep} - 25 + 20 \log \left(\frac{1,9244 Q \psi_0}{\Delta\psi} \right) & \text{para } 1,9244 Q < \frac{\Delta\psi}{\psi_0} \leq 18 / \psi_0 \end{cases}$$

donde:

$\Delta\psi$: ángulo (grados) a partir del contorno de cobertura convexo a un punto fuera de la región de cobertura en una dirección normal a los lados del contorno

G_{ep} : ganancia de cresta equivalente (dBi)
= $G_e + 3,0$

ψ_0 : abertura del haz de la potencia mitad del haz componente (grados)
= $72 (\lambda/D)$

λ : longitud de onda (m)

D : diámetro físico del reflector (m)

$$Q = 10 \left(\frac{0,000075 (\delta - 1/2)^2}{[(F/D_p)^2 + 0,02]^2} \right)$$

δ : relación de exploración tal como se define en el § 2 anterior

F/D_p : relación entre la longitud focal del reflector F y el diámetro D_p de la parábola correspondiente

$$D_p = 2(d + h)$$

d : diámetro de la apertura proyectada del paraboloide descentrado

h : altura descentrada al borde del reflector;

2.2 que para las antenas de clase A con valores de relación de exploración $S \geq 5$:

$$G_{\text{dBi}}(\Delta\psi) = \begin{cases} G_e - B \left[\left(1 + \frac{\Delta\psi}{\psi_b} \right)^2 - 1 \right] & \text{para } 0^\circ \leq \Delta\psi \leq C \psi_b \\ G_e - 22 & \text{para } C \psi_b < \Delta\psi \leq (C + 4,5) \psi_b \\ G_e - 22 + 20 \log_{10} \left[\frac{(C + 4,5) \psi_b}{\Delta\psi} \right] & \text{para } (C + 4,5) \psi_b < \Delta\psi \leq 18^\circ \end{cases}$$

donde:

$\Delta\psi$: ángulo (grados) a partir del contorno de cobertura convexo en una dirección normal a los lados del contorno

G_e : ganancia en el borde de la zona de cobertura (dBi)

$$B = B_0 - (S - 1,25) \Delta B \text{ para } S \geq 5$$

$$B_0 = 2,05 + 0,5 (F/D - 1) + 0,0025 D/\lambda$$

$$\Delta B = 1,65 (D/\lambda)^{-0,55}$$

ψ_b : radio del haz puntual

$$= 36 \lambda/D$$

λ : longitud de onda (m)

D : diámetro físico del reflector (m)

$$C = \sqrt{1 + \frac{22}{B}} - 1$$

S : relación de exploración, tal como se define en el § 2 anterior

F/D : relación entre la longitud focal y el diámetro físico de la antena;

2.3 que para antenas de clase B que utilizan únicamente la relación de exploración S (para $S \geq 0$):

$$G_{\text{dBi}}(\Delta\psi) = \begin{cases} G_e - B \left[\left(1 + \frac{\Delta\psi}{\psi_b} \right)^2 - 1 \right] & \text{para } 0^\circ \leq \Delta\psi \leq C \psi_b \\ G_e - 17 + 18,7012 \log_{10} \left(\cos \left[\frac{\Delta\psi - C \psi_b}{\psi_b} \right] \right) & \text{para } C \psi_b < \Delta\psi \leq (C + 1) \psi_b \\ G_e - 22 & \text{para } (C + 1) \psi_b < \Delta\psi \leq (C + 4,5) \psi_b \\ G_e - 22 + 20 \log_{10} \left[\frac{(C + 4,5) \psi_b}{\Delta\psi} \right] & \text{para } (C + 4,5) \psi_b < \Delta\psi \leq 18^\circ \end{cases}$$

donde:

$\Delta\psi$: ángulo (grados) a partir del contorno de cobertura convexo en una dirección normal a los lados del contorno

G_e : ganancia en el borde de la zona de cobertura (dBi)

$$B = B_0 - (S - 1,25) \Delta B \text{ para } S \geq 0$$

$$B_0 = 2,05 + 0,5 (F/D - 1) + 0,0025 D/\lambda$$

$$\Delta B = 1,65 (D/\lambda)^{-0,55}$$

ψ_b : radio del haz puntual

$$= 36 \lambda/D$$

λ : longitud de onda (m)

D : diámetro físico del reflector (m)

$$C = \sqrt{1 + \frac{17}{B}} - 1$$

S : relación de exploración tal como se define en el § 2 anterior

F/D : relación entre la longitud local y el diámetro físico de la antena;

2.4 que para las antenas de clase A con valores de relación de exploración entre $\delta > 3,5$ y $S < 5$, el objetivo de diseño sigue en estudio. Se precisan estudios en particular sobre la ampliación a esta región de las ecuaciones dadas en los § 2.1 y 2.2. En el Anexo 1 se describe un posible método para ampliar el objetivo de diseño a esta región. Para la definición de relaciones de exploración, δ y S , y sus aplicaciones, véase el § 2;

2.5 que las siguientes Notas se consideren parte de los anteriores § 2.1 y 2.2:

NOTA 1 – Se definirá la zona de cobertura como el contorno definido por el polígono que une los puntos que rodean la zona de servicio, empleando el método indicado en el Anexo 2.

NOTA 2 – En el caso de los cortes, cuando el contorno de ganancia a -3 dB quede fuera del contorno de la zona de cobertura construida, el diagrama objetivo de diseño debe basarse en el contorno de ganancia a -3 dB.

NOTA 3 – La presente Recomendación se aplicará sólo en la dirección de un sistema sensible a la interferencia, es decir, no hace falta que se aplique en aquellas direcciones en las que no exista ninguna posibilidad de causar interferencias a otras redes (por ejemplo, regiones oceánicas inhabitadas o regiones fuera del horizonte terrestre). El 10% de los cortes pueden superar el diagrama objetivo de diseño.

NOTA 4 – La presente Recomendación no se aplica a las antenas que funcionan en banda de frecuencia doble. Las antenas que utilizan el error de fase inducido por el reflector para lograr ensanchamiento del haz pertenecen a esta categoría y requieren estudios ulteriores.

ANEXO 1

Diagramas de antenas de satélite en el servicio fijo por satélite

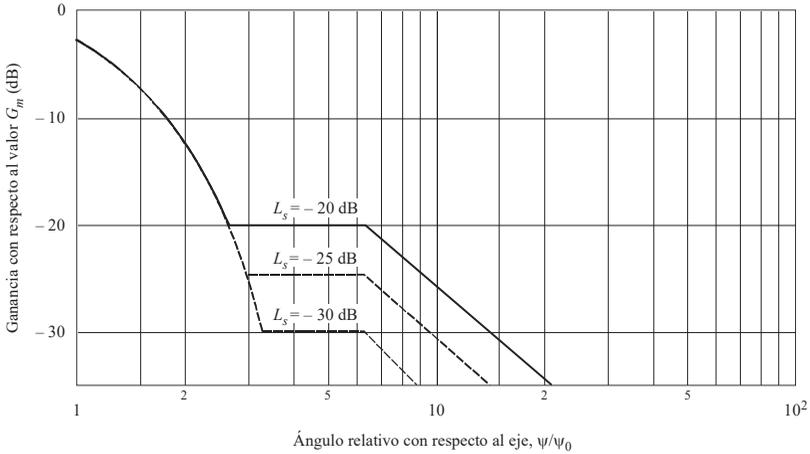
1 Diagramas de radiación de referencia de las antenas de satélite

1.1 Haces circulares con un solo alimentador

El diagrama de radiación de la antena del satélite es importante tanto en la región del lóbulo principal como en la de los lóbulos laterales más lejanos. De ahí que los diagramas posibles comiencen en el contorno a -3 dB del lóbulo principal y se dividan en las cuatro regiones que se ilustran en la Fig. 1.

Sin embargo, se tropieza con dificultades para aplicar a un haz no circular el diagrama postulado. Se invita por lo tanto a las administraciones a que presenten mediciones de diagramas de radiación de antenas con haces que no sean circulares simples.

FIGURA 1
Función de la envolvente del diagrama de radiación



$$\begin{aligned}
 G(\psi) &= G_m - 3 (\psi/\psi_0)^2 && \text{dBi} && \text{para } \psi_0 \leq \psi \leq a \psi_0 && \text{(I)} \\
 G(\psi) &= G_m + L_s && \text{dBi} && \text{para } a \psi_0 < \psi \leq b \psi_0 && \text{(II)} \\
 G(\psi) &= G_m + L_s + 20 - 25 \log (\psi/\psi_0) && \text{dBi} && \text{para } b \psi_0 < \psi \leq \psi_1 && \text{(III)} \\
 G(\psi) &= 0 && \text{dBi} && \text{para } \psi_1 < \psi && \text{(IV)}
 \end{aligned}$$

siendo:

- $G(\psi)$: ganancia para un ángulo ψ respecto del eje del haz (dBi)
- G_m : ganancia máxima en la dirección del lóbulo principal (dBi)
- ψ_0 : mitad de la anchura del haz a 3 dB en el plano considerado (3 dB por debajo de G_m) (grados)
- ψ_1 : valor de ψ cuando $G(\psi)$ en la ecuación (III) es igual a 0 dBi
- L_s : nivel requerido de los lóbulos laterales próximos (dB) con respecto a la ganancia máxima
- a, b : los valores numéricos que se indican a continuación:

L_s	a	b
-20	2,58	6,32
-25	2,88	6,32
-30	3,16	6,32

0672-01

1.2 Haces elípticos con un solo alimentador

Las funciones indicadas en la Fig. 1 definen una envolvente máxima para los primeros lóbulos laterales a un nivel de -20 dB respecto a la ganancia máxima, y este diagrama se aplica a antenas de diseño sencillo. Sin embargo, en interés de una mejor utilización de la capacidad de la órbita, puede ser deseable reducir este nivel a -30 dB y utilizar antenas de diseño más complicado. El diagrama adoptado por la Conferencia Administrativa Mundial de Radiocomunicaciones para la radiodifusión por satélite (Ginebra, 1977) (CAMR RS-77) para las antenas de satélites de radiodifusión satisface

esta exigencia, y se está consiguiendo ya, por lo que debe aplicarse en ese caso. Pueden ser convenientes estudios adicionales para determinar la viabilidad de obtener niveles de lóbulos laterales reducidos en la práctica, particularmente con relación a las bandas de 6/4 GHz.

1.3 Haces conformados con alimentación múltiple

Un diagrama similar aplicable a los haces conformados debe basarse en un análisis de varios de dichos haces y también en consideraciones teóricas. Deben especificarse parámetros adicionales, tales como el diámetro del haz elemental y el nivel de los dos primeros lóbulos laterales. Además, la sección transversal y los medios de medición de ángulos forman parte de la definición del diagrama.

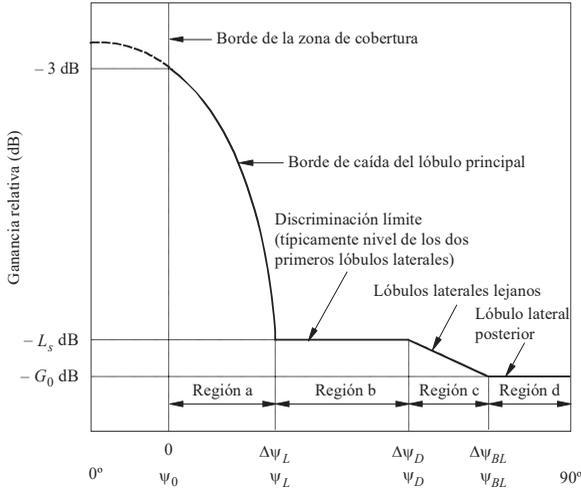
La consideración importante en la producción de tal referencia es la discriminación a conseguir a partir del borde de cobertura de todos los tipos de antena, incluyendo la de haz conformado más compleja, en función de la separación angular de las zonas de cobertura, vistas desde la órbita. El diagrama de radiación de una antena de haz conformado es exclusivo de la misma, y viene determinado principalmente por los siguientes factores operacionales y técnicos:

- configuración de la zona de cobertura,
- longitud del satélite,
- apertura máxima de la antena,
- diseño del alimentador y decrecimiento gradual de la iluminación,
- diámetro de la apertura del reflector normalizado (D/λ),
- relación entre la distancia focal y el diámetro de apertura (F/D),
- número de reutilizaciones de frecuencia y de haces independientes,
- número de elementos alimentadores utilizados,
- anchuras de banda,
- requisitos de ortogonalidad en la polarización,
- región de cobertura angular total ofrecida,
- estabilidad de fase del elemento alimentador y excitaciones de amplitud,
- requisitos sobre posibilidad de reconfiguración,
- número de posiciones orbitales desde las que hay que ofrecer coberturas del haz,
- tolerancias conseguidas en la superficie del reflector,
- puntería del haz (obtenida de la ubicación del satélite o por emplazamiento independiente del haz mediante radiobalanzas de seguimiento desde Tierra),
- degradaciones de las componentes del haz debidas a aberraciones en la exploración relacionadas con la configuración específica del reflector o de la antena (reflector sencillo, reflector doble, sistemas de reflector conformado sin eje focal, sistemas de radiación directa, etc.).

Por todo lo anterior, pueden presentarse algunas dificultades en el desarrollo de un diagrama de radiación de referencia único para las antenas de haz conformado.

El diagrama de referencia de la Fig. 1 no es satisfactorio para las antenas de haz conformado, puesto que un parámetro esencial del diagrama de referencia es ψ_0 , mitad de la anchura de haz a -3 dB, en tanto que el centro del haz de un haz conformado está mal definido y no corresponde en gran medida a la respuesta fuera del haz. Un diagrama de referencia sencillo compuesto de cuatro segmentos solamente, como se ilustra en la Fig. 2, puede ser más satisfactorio como base de un diagrama de referencia. La inclinación del borde de caída de este diagrama estaría en función de la distancia angular fuera del contorno de cobertura.

FIGURA 2
Posible forma del diagrama de radiación de referencia



$\Delta\psi$: Ángulo fuera del eje con relación al borde de la zona de cobertura (que se supone equivalente al contorno a -3 dB)
 ψ : Ángulo fuera del eje con relación al punto de referencia

0672-02

Otro parámetro que es preciso definir es la dirección particular en que medir esta distancia angular. Un método consiste en medir este ángulo ortogonal desde el contorno de ganancia constante que corresponda más a la zona de cobertura. Este método plantea dificultades cuando algunas partes del contorno de la ganancia son cóncavas, como ocurre con los diagramas conformados crecientes. Para este tipo de diagramas, la dirección ortogonal alejada de un contorno puede cortarse con la ganancia de la zona de cobertura. Desde el punto de vista del diseño de la antena, la dificultad para lograr una buena discriminación en la porción cóncava de un diagrama aumenta con el grado de concavidad. Otro método que permite obviar estos problemas consiste en circunscribir la zona de cobertura mediante un contorno sin concavidad, y medir luego los ángulos ortogonalmente desde este contorno, que se considera como borde de cobertura. Pueden aplicarse otros métodos para definir la dirección de medición; por ejemplo, puede utilizarse como punto de referencia el centro de una elipse circunscrita, pero para todo diagrama de referencia se necesita una definición inequívoca (véanse los § 2.1 y 2.2).

Una vez definida la dirección, los diagramas de radiación pueden dividirse en las siguientes cuatro regiones de interés:

Región a: Borde de caída del lóbulo principal (borde de cobertura con respecto al ángulo de discriminación límite)

Se supone que esta región abarca lo que se considera las regiones de cobertura adyacentes. El aislamiento requerido entre redes de satélites se obtendría mediante una combinación de discriminación de antena de satélite y separación orbital.

Una función sencilla para representar esta región podría revestir una forma análoga a la indicada en la ecuación (I) de la Fig. 1.

Región b: Región de cobertura no adyacente

Esta región comienza donde el diagrama de radiación produce suficiente discriminación para permitir a satélites que ocupan casi la misma posición dar servicio a zonas no adyacentes ($\Delta\psi_L$ en la Fig. 2). La discriminación límite (L_S) puede hallarse entre -20 y -30 dB.

Región c: Región de lóbulos laterales lejanos**Región d:** Región del lóbulo posterior

Cada una de estas regiones cubre los lóbulos laterales de orden más elevado y se aplica a zonas de servicio muy espaciadas y, en aquellas bandas de frecuencia utilizadas de forma bidireccional, a partes de la órbita. En este último caso hay que tener cuidado cuando se consideren ángulos muy alejados del eje, puesto que las reflexiones imprevistas en el «bus» del satélite y los desbordamientos provocados por el reflector principal pueden producir efectos significativos. Hasta obtener más información al respecto se sugiere utilizar una envolvente de la ganancia mínima de 0 dBi (Región d de la Fig. 2).

2 Modelos de diagrama de radiación de haz conformado

A efectos de establecer un modelo de haz conformado previo al diseño práctico de la antena, podría utilizarse un diagrama de referencia simplificado. Se presentan a continuación dos modelos que pueden generar diagramas de ese tipo y sus parámetros asociados. Los dos modelos pueden utilizarse para realizar estudios de interferencia con ayuda de computador y, si se utilizan conjuntamente con mapas coordenados con respecto a un satélite, para aplicaciones manuales. En una última fase, esos modelos podrían servir de base para establecer un diagrama o diagramas que son objeto de la presente Recomendación. Sin embargo, sería aconsejable aplicar los «perfiles» de diagrama resultantes sólo en la dirección de un sistema sensible a la interferencia. En otras palabras, no deben aplicarse en direcciones en que no haya posibilidad de interferir a otras redes (es decir, fuera del contorno de la Tierra, en regiones oceánicas inhabitadas, etc.).

2.1 Representación de la zona de cobertura

Son varios los métodos que se han propuesto anteriormente para la representación de la zona de servicio de las antenas del SFS. Uno de ellos consiste en medir la distancia angular externa a la zona de cobertura en una dirección normal a la superficie de la zona de servicio (contorno de ganancia constante), tal como ésta se ve desde el satélite. En la práctica, el contorno de ganancia se diseña de modo que se ajuste lo mejor posible a la zona de servicio, por lo que es de prever que entre la medición sobre la zona de servicio y la medición sobre el contorno de ganancia constante haya muy poca diferencia. Sin embargo, en ciertos casos en que hay partes de los contornos de ganancia cóncavas, como en los diagramas con forma de media luna, este método plantea dificultades. En tales diagramas, la dirección ortogonal hacia el exterior del contorno puede cortar una segunda vez la zona de cobertura, creando así ambigüedades (Fig. 3a)). Otra dificultad que se plantea en este caso radica en que en una determinada ubicación situada fuera de la zona de cobertura puede haber más de un punto de la zona de servicio en que la línea que une al observador con el punto de dicha zona sea normal al contorno de ésta en dicho punto (Fig. 3a)).

Sin embargo, se ha elaborado un método que soslaya las dificultades precedentemente mencionadas utilizando mediciones angulares normales a la zona de cobertura y diagramas de radiación que comprenden concavidades. Este método consta de varias construcciones gráficas y se expone paso por paso en el Anexo 2.

Además este procedimiento paso por paso se puede simplificar utilizando un contorno de cobertura sólo convexo. Para producir este contorno se sigue el procedimiento descrito en el Anexo 2, con la excepción de que sólo se consideran los ángulos convexos, es decir, aquéllos en los que el círculo está dentro del contorno de cobertura. El contorno de cobertura resultante se representa en la Fig. 3b).

Otra forma de representar los diagramas de haz conformado consiste en circunscribir la zona de cobertura real por una elipse de área mínima. La distancia angular se mide desde el borde de la elipse en dirección perpendicular a la periferia de la elipse. La ventaja del procedimiento consiste en la facilidad relativa de escribir programas de computador de alta eficiencia para definir este procedimiento de medición angular. Sin embargo, esta representación tiende a sobrestimar considerablemente la zona definida por la zona de servicio real.

Otro método de carácter mixto, proporciona una definición unívoca que permite representar la zona de cobertura de un haz conformado. El método consiste en inscribir la cobertura geográfica en una elipse de superficie mínima para definir el centro de la zona de cobertura. Éste no representa necesariamente el centro del haz, y sólo se utiliza para definir el eje de los cortes del diagrama. Una vez que se ha definido el centro de la zona de cobertura, la elipse de área mínima queda desprovista de aplicación.

Se utiliza entonces un polígono convexo para definir los límites de la zona de cobertura. El número de lados del polígono se determina basándose en que debe circunscribir la zona de cobertura de la forma más precisa posible y que debe ser de forma convexa. En la Fig. 3c) se muestra un ejemplo típico para la zona de servicio representada. Las direcciones angulares son radiales desde el centro de la zona de cobertura.

Para un lugar de observación externo a la zona de cobertura, la dirección de aplicación de la plantilla y las distancias angulares están definidas inequívocamente con respecto al centro de la zona de cobertura. Sin embargo, este método tiende a subestimar la separación angular entre los contornos de ganancia fuera de la zona de cobertura, cuando el ángulo del contorno radial con respecto al contorno de cobertura deja de ser normal de manera importante.

En resumen, el método más aceptable, tanto por lo que se refiere a exactitud como a facilidad de construcción, parece ser el empleo del contorno de cobertura sólo convexo, midiéndose la distancia angular según una dirección normal a los lados del contorno, tal como se muestra en la Fig. 3b).

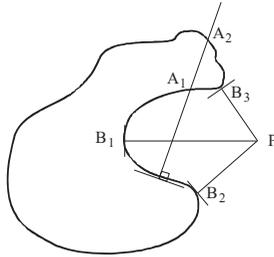
2.2 Ganancia máxima equivalente

En las situaciones en que no es preciso ajustar el haz para compensar la variación de las condiciones de propagación a lo largo de toda la zona de servicio, la mínima ganancia en la zona de cobertura obtenida en el contorno de dicha zona se considera de un valor 3 dB inferior que la ganancia máxima equivalente (G_{ep}). En la práctica, la ganancia máxima real puede ser superior o inferior a la ganancia máxima equivalente y no tiene por qué producirse necesariamente en el eje.

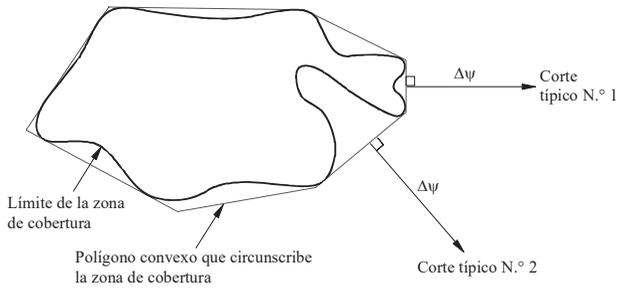
En algunas situaciones puede existir una gran variación de las condiciones de propagación sobre la zona de servicio o puede que las características del servicio exijan un ajuste especial del haz a la forma de la zona de servicio. En estos casos, se calcula la mínima ganancia relativa que se precisa (con respecto a la ganancia media sobre el contorno de la zona de cobertura) en cada vértice del polígono y se utiliza una interpolación lineal para determinar la ganancia relativa en los acimutes intermedios partiendo del acimut del eje del haz. En estas condiciones, la ganancia en el contorno de la zona de cobertura depende de la dirección.

Obsérvese que si se trata de un haz conformado, la variación de la ganancia dentro de la zona de cobertura no se relaciona con la reducción de la ganancia en zonas más allá del borde de cobertura. El rendimiento de la antena dentro de la zona de cobertura, incluida la ganancia, no se relaciona con la interferencia introducida en sistemas adyacentes. La variación de la ganancia dentro de la zona de cobertura, por lo tanto no necesita caracterizarse en diagramas de referencia de haces conformados.

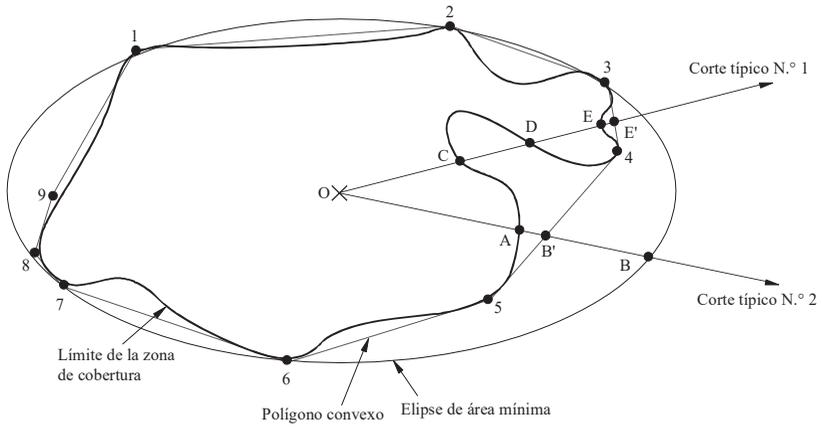
FIGURA 3
Distintas representaciones de la zona de cobertura



a)



b) Medición del ángulo $\Delta\psi$ del contorno de cobertura convexo



c)

0672-03

2.3 Tamaño del haz elemental

Los niveles de los lóbulos laterales se determinan a partir de la función iluminación de la apertura. Si se considera esta función de la forma:

$$f(x) = \cos^N \left(\frac{\pi}{2} \cdot x \right) \quad |x| \leq 1 \quad (5)$$

esta función toma el valor de cero en el borde de la apertura para $N > 0$. El radio del pequeño haz elemental, en función del nivel de los lóbulos laterales (dB) y de la relación D/λ , viene dado, en el margen que interesa, aproximadamente por la fórmula:

$$\psi_b = (16,56 - 0,775 L_s) \lambda/D \quad \text{grados} \quad (6)$$

donde L_s es el nivel relativo (dB) de los dos primeros lóbulos laterales.

Esta expresión pone de manifiesto el compromiso existente entre el diámetro de la antena, el nivel de los lóbulos laterales y la inclinación de las regiones de caída del lóbulo principal. Se ha obtenido ajustando los resultados obtenidos mediante cálculos para diferentes niveles de lóbulos laterales. Esta relación se ha utilizado como punto de partida en los modelos descritos más abajo.

2.4 Desarrollo de modelos de diagrama copolar de referencia

En este punto se presentan varios diagramas copolares generalizados, para futuras antenas de haz conformado, basados en medidas realizadas sobre varias antenas de haz conformado (satélites Brazilsat, Anik-C, Anik-E, TDRSS, Intelsat-V, G-Star, Intelsat-VI, Intelsat-VII y Cobra) y en consideraciones teóricas.

Algunos modelos precedentes no permitían cuantificar los efectos de ensanchamiento del haz. Los modelos que se indican a continuación abordan desde dos puntos de vista distintos estos efectos, que son esenciales para predecir con exactitud el comportamiento de las antenas de haz conformado.

2.4.1 Primer modelo

El diagrama de haz conformado que se expone a continuación está basado en parámetros primarios y secundarios. Los parámetros primarios son: el tamaño del haz elemental, la anchura de la zona de cobertura en la dirección pertinente, y el nivel de cresta de los lóbulos laterales. Los parámetros secundarios son: el parámetro de bloqueo, la desviación de la superficie y el número de anchuras de haz exploradas. El efecto de los parámetros secundarios en la radiación de la antena es el ensanchamiento del haz principal y el aumento del nivel de los lóbulos laterales. Aunque el parámetro que más influye en el ensanchamiento del haz es el número de anchuras de haz exploradas, se indica también el efecto de los otros dos parámetros, para mayor detalle. Sin embargo, no debe pasarse por alto el efecto producido por el bloqueo sobre el nivel de los lóbulos laterales. Es cierto que, por limitaciones de orden práctico, incluso cuando el diseño de una antena de satélite requiere que se mantenga el criterio de ausencia de bloqueo, por lo general, hay un cierto nivel de bloqueo en el borde. En particular, el bloqueo en el borde es muy probable que ocurra en el caso de antenas de polarización lineal doble que utilizan una apertura común; así por ejemplo, los reflectores de rejilla doble utilizados en los satélites Anik-E, G-Star, Anik-C, Brazilsat, etc. Esto se debe a la separación requerida entre los focos de los dos reflectores solapados, para cumplir los requisitos de aislamiento y debido al volumen necesario para dar cabida a dos conjuntos de bocinas.

En las regiones de los lóbulos laterales alejados hay muy poca información medida en la cual basar un modelo. Las reflexiones producidas en la estructura del satélite, los desbordamientos producidos por los elementos del sistema de alimentación y la radiación directa procedente del agrupamiento de la alimentación pueden provocar incertidumbres, en los valores de los parámetros en direcciones

angulares que se apartan bastante del eje, que invalidan las estimaciones teóricas realizadas. La medida en esta región es muy difícil y en consecuencia se precisan más estudios para ganar confianza en el modelo en esta región. Mientras tanto se recomienda una ganancia mínima de meseta de 0 dBi.

Hay que señalar que el diagrama que se sugiere sólo debe aplicarse en las direcciones en las que deba considerarse el nivel de los lóbulos laterales. En direcciones no críticas, por ejemplo regiones oceánicas o más allá del limbo de la Tierra o en cualquier otra dirección en la que no interesa conocer el valor de la interferencia, no es preciso que este diagrama sea un modelo representativo.

Modelo copolar general 1

Se propone el siguiente modelo de tres segmentos que representa la envolvente de un diagrama de radiación de la antena de un satélite de haz conformado fuera de la zona de cobertura:

Región del borde de caída del lóbulo principal:

$$G_{\text{dBi}}(\Delta\psi) = G_{ep} + U - 4V \left(\frac{\Delta\psi}{Q\psi_0} + 0,5 \right)^2 \quad \text{para} \quad 0 \leq \Delta\psi \leq W \cdot Q \cdot \psi_0$$

Región de lóbulos laterales adyacentes al principal:

$$G_{\text{dBi}}(\Delta\psi) = G_{ep} + SL \quad \text{para} \quad W \cdot Q \cdot \psi_0 \leq \Delta\psi \leq Z \cdot Q \cdot \psi_0$$

Región de lóbulos laterales lejanos:

$$G_{\text{dBi}}(\Delta\psi) = G_{ep} + SL + 20 \log(Z \cdot Q \cdot \psi_0 / \Delta\psi) \quad \text{para} \quad Z \leq \Delta\psi \leq 18$$

donde:

$\Delta\psi$: ángulo con respecto al borde de la zona de cobertura (grados)

$G_{\text{dBi}}(\Delta\psi)$: ganancia (dBi) para $\Delta\psi$

G_{ep} : ganancia máxima equivalente

$$G_{ep} = G_e + 3,0 \text{ (dBi)}$$

ψ_0 : diámetro para potencia mitad del haz principal (grados)

$$\psi_0 \approx (33,12 - 1,55 SL) \lambda / D$$

λ : longitud de onda (m)

D : diámetro del reflector (m)

SL : nivel de lóbulos laterales con respecto al valor máximo (dB)

$U = 10 \log A$, $V = 4,3429 B$ son los parámetros del haz principal

$$B = [\ln(0,5/10^{0,1SL})] / [(16,30 - 3,345 SL) / (16,56 - 0,775 SL)]^2 - 1]$$

$$A = 0,5 \exp(B)$$

$$W = (-0,26 - 2,57 SL) / (33,12 - 1,55 SL)$$

$$Z = (77,18 - 2,445 SL) / (33,12 - 1,55 SL)$$

Q : factor de ensanchamiento del haz debido a los efectos secundarios:

$$Q = \exp[(8\pi^2(\epsilon/\lambda)^2) \cdot [\eta_i(\Delta)]^{-0,5} \cdot 10^{\left(\frac{0,000075(\delta - 1/2)^2}{[(F/D_p)^2 + 0,02]^2}\right)}] \quad (7)$$

Las variables de la ecuación (7) se definen como sigue:

ϵ : error cuadrático medio (r.m.s.) de la superficie

Δ : parámetro de bloqueo (raíz cuadrada de la relación entre la zona bloqueada y la zona de apertura)

δ : número de anchuras de haz a partir de la dirección del eje

$$= \theta_0 / \psi_0$$

θ_0 : separación angular entre el centro de la zona de cobertura (centro de la elipse de mínima área) y el borde de dicha zona de cobertura

$$\eta_i(\Delta) = 1 - \Delta^2 \quad \text{para el caso de bloqueo central}$$

$$= [1 - [1 - A(1 - \Delta)^2] \Delta^2]^2 \quad \text{para el caso de bloqueo en el borde (8)}$$

A en la ecuación (8) es la altura del pedestal en la función de iluminación primaria $(1 - Ar^2)$ sobre el reflector y r es la distancia normalizada desde el centro en el plano de apertura del reflector ($r = 1$ en el borde). En la ecuación (7), F/D_p es el cociente entre la distancia focal y el diámetro de la parábola matriz. En la práctica, para un diseño de antena de satélite este cociente varía entre 0,35 y 0,45.

La ganancia en dirección de lóbulos laterales lejanos depende del desbordamiento del sistema de alimentación, y de los efectos de reflexión y refracción en la estructura del vehículo espacial. Estos efectos dependen de los diseños individuales y son, por tanto, de difícil generalización.

Como puede verse en la ecuación (7), el factor de ensanchamiento de haz, Q , depende del error cuadrático medio de superficie ε del parámetro de bloqueo Δ , del número de haces explorados δ y del cociente F/D_p . En la práctica, sin embargo, el efecto de ε y de Δ en el ensanchamiento del haz suele ser pequeño y puede despreciarse. De este modo, la ecuación (7) puede simplificarse así:

$$Q = 10^{\left(\frac{0,000075 (\delta - 1/2)^2}{[(F/D_p)^2 + 0,02]^2} \right)} \quad (9)$$

donde:

$$D_p = 2(d + h)$$

d : diámetro de la apertura proyectada del paraboloide descentrado

h : altura descentrada al borde del reflector.

La ecuación (9) pone claramente de manifiesto la dependencia del ensanchamiento de haz con respecto al número de haces explorados y al cociente F/D_p de la antena del satélite. Esta expresión es válida para un δ de hasta nueve anchuras de haz, valor más que suficiente para una cobertura global incluso en las bandas de 14/11 GHz, en la aplicación de otro modelo, para zonas de servicio del tamaño de Canadá, Estados Unidos de América o China, el valor de δ suele ser de uno o dos haces en la banda de 6/4 GHz y de unos cuatro haces en las bandas de 14/11 GHz. Así, para la mayoría de los sistemas el valor de Q suele estar por debajo de 1,1. En otras palabras, el efecto de ensanchamiento del haz es, por lo general, de aproximadamente el 10% de la anchura de banda del haz elemental de la antena de haz conformado.

Despreciando el ensanchamiento del haz principal debido al bloqueo y a los errores de superficie del reflector, y suponiendo un valor de caso más desfavorable de 0,35 para la relación F/D_p del reflector, el factor de ensanchamiento Q puede reducirse a:

$$Q = 10^{0,0037 (\delta - 1/2)^2}$$

En las bandas de 6/4 GHz puede obtenerse un nivel de lóbulos laterales de -25 dB sin gran dificultad utilizando una antena de bocina múltiple y reflector sólido, de aproximadamente 2 m de diámetro, cuya puesta en órbita sea posible mediante un lanzador del tipo PAM-D. Para lograr una discriminación de 30 dB se precisa una antena de mayor diámetro si hay que controlar o proteger un

margen angular apreciable. En las bandas de 14/11 GHz del SFS, la discriminación de 30 dB puede lograrse generalmente con la antena de 2 m de diámetro y el empleo de un alimentador de diseño más sofisticado.

Las ecuaciones anteriores para el diagrama de referencia dependen del ángulo de exploración del haz componente en el borde de cobertura en la dirección de cada corte particular para el que debe aplicarse el diagrama. Para un diagrama de referencia que se utilice como objetivo de diseño, es deseable un diagrama sencillo que dependa de un mínimo de parámetros. Por lo tanto, hay que seleccionar e incorporar en las ecuaciones anteriores un valor o valores de Q que sirvan para las coberturas típicas de satélite.

Se puede conseguir una pendiente de caída del haz principal más pronunciada en zonas de servicio de un satélite nacional típico en cooperación con zonas de cobertura regionales muy amplias; a la inversa, un diagrama de referencia que satisfaga una cobertura regional será demasiado holgado para coberturas de satélites nacionales.

Por lo tanto se propone simplificar el modelo 1 en los dos casos que se incluyen a continuación para las antenas de SFS. En tales casos, se supone un nivel uniforme del lóbulo lateral de -25 dB.

a) Zonas de cobertura pequeñas ($\delta < 3,5$)

La mayoría de las zonas de cobertura de los satélites nacionales se encuentran en esta categoría. Se toma el factor de ensanchamiento del haz Q como 1,10 para representar los diagramas de referencia de degradaciones de cuantía modesta en zonas de cobertura pequeña como:

$$G_{\text{dBi}}(\Delta\psi) = \begin{cases} G_{ep} + 0,256 - \frac{10,797}{\psi_0^2} (\Delta\psi + 0,55 \psi_0)^2 & \text{para } 0 \leq \Delta\psi \leq 0,9794 \psi_0 \\ G_{ep} - 25 & \text{para } 0,9794 \psi_0 < \Delta\psi \leq 2,1168 \psi_0 \\ G_{ep} - 25 + 20 \log(2,1168 \psi_0 / \Delta\psi) & \text{para } 2,1168 \psi_0 < \Delta\psi \leq 18 \end{cases}$$

b) Zonas de cobertura grandes ($\delta > 3,5$)

Las coberturas de semi-haz y globales de INTELSAT e INMARSAT constituyen ejemplos de zonas de cobertura grandes. Para representar la degradación del diagrama debido a una exploración grande, se toma un valor de 1,3 para el factor Q . Los diagramas de referencia aplicables para estas coberturas ($\delta > 3,5$) se definen como:

$$G_{\text{dBi}}(\Delta\psi) = \begin{cases} G_{ep} + 0,256 - \frac{7,73}{\psi_0^2} (\Delta\psi + 0,65 \psi_0)^2 & \text{para } 0 \leq \Delta\psi \leq 1,1575 \psi_0 \\ G_{ep} - 25 & \text{para } 1,1575 \psi_0 < \Delta\psi \leq 2,5017 \psi_0 \\ G_{ep} - 25 + 20 \log(2,5017 \psi_0 / \Delta\psi) & \text{para } 2,5017 \psi_0 < \Delta\psi \leq 18 \end{cases}$$

2.4.2 Segundo modelo

Resultará muy difícil proporcionar un diagrama relativamente sencillo que se pueda aplicar a toda una gama de antenas de satélite diferentes sin perjudicar a ningún diseño o sistema particular. Así pues, la plantilla aquí presentada en el modelo 2 no pretende describir una envolvente única sino una forma general. La plantilla se puede considerar no sólo para una aplicación única sino como una representación general de una familia de plantillas que describen antenas idóneas para muchas aplicaciones diferentes.

En el desarrollo de este modelo se ha intentado tomar plenamente en cuenta el ensanchamiento del haz producido a partir de los haces componentes explorados fuera de la referencia de puntería de una antena de haz conformado. Se ha puesto buen cuidado en abarcar los efectos de la interferencia

y del acoplamiento mutuo entre haces elementales adyacentes situados en torno al haz elemental componente que se considera. Para evitar una formulación compleja, se han considerado sólo dos haces elementales adyacentes adicionales en la dirección de exploración de los haces elementales componentes. Se ha tenido también en cuenta la variación del ensanchamiento de haz en función de la relación F/D ; los resultados se han verificado en el intervalo de valores $0,70 \leq F/D \leq 1,3$ y mediante un modelo para un plano de exploración medio entre el plano de elevación y el plano acimutal. Si el modelo se hubiese aplicado para el plano acimutal sólo, cabría esperar unas características más acusadas de lo previsto. Otros presupuestos en que se basa el modelo son los siguientes:

- el límite entre haces componentes que corresponden a los elementos individuales del conjunto se supone definido por el contorno ideal de -3 dB del haz conformado de cobertura;
- el radio del haz elemental componente, ψ_b , viene dado por la ecuación (6) y corresponde a un decrecimiento de -4 dB en el borde de la abertura;
- el valor de B que controla la región del haz principal se representa en el modelo directamente en función del ángulo de exploración del haz componente del diámetro de la antena D y de la relación F/D del reflector de la antena.

El valor de la relación F/D utilizado en este modelo es el cociente entre la distancia focal y el diámetro físico del reflector. El modelo es válido para diámetros de reflector de hasta 120λ y exploraciones de haz de hasta 13 anchuras de haz y ha mostrado una buena correlación con unos 34 cortes de diagrama tomados en 4 antenas diferentes.

Como en el futuro quizás resulte conveniente imponer un control más estricto al funcionamiento de la antena, este modelo proporciona dos sencillos factores de mejora, K_1 y K_2 para modificar el diagrama general generado en este momento.

Modelo copolar general 2

Se exponen a continuación las ecuaciones correspondientes a las diversas regiones y a los valores de ganancia fuera del eje correspondiente. Dichos valores de ganancia se miden perpendicularmente a la zona de cobertura en cada punto, y esta técnica está relacionada con la definición de zona de cobertura que figura en el Anexo 2.

Por el momento los valores de K_1 y K_2 son iguales a la unidad: $K_1 = K_2 = 1$.

Las ecuaciones utilizadas en este modelo se pueden normalizar para el primer lóbulo lateral (L_s) de -20 dB. En última instancia se sustituirá el valor particular del primer lóbulo lateral escogido para la aplicación determinada.

a) Región del borde de caída del lóbulo principal: ($0^\circ \leq \Delta\psi < C\psi_b$)

En esta región la función de ganancia viene dada por:

$$G(\Delta\psi) = G_e - K_1 B \left[\left(1 + \frac{\Delta\psi}{\psi_b} \right)^2 - 1 \right] \quad \text{dBi} \quad (10)$$

donde:

$G(\Delta\psi)$: ganancia del diagrama de referencia (dBi)

G_e : ganancia en el borde de la zona de cobertura (dBi)

$\Delta\psi$: ángulo (grados) respecto al contorno de cobertura (convexo) en una dirección perpendicular a los lados del contorno

$\psi_b = 32 \lambda/D$ es el radio del haz elemental (grados) (correspondiente a $L_s = -20$ dB en la ecuación (6))

$B = B_0 - (S - 1,25) \Delta B$ para $S \geq 1,25$ y

$$B = B_0 \quad \text{para } S < 1,25$$

$$B_0 = 2,05 + 0,5 (F/D - 1) + 0,0025 D/\lambda$$

$$\Delta B = 1,65 (D/\lambda)^{-0,55}$$

Se dan a continuación ecuaciones para el plano de elevación y el plano acimutal a fin de mantener la generalidad:

Plano acimutal: $B_0 = 2,15 + T$
 Plano de elevación: $B_0 = 1,95 + T$
 donde $T = 0,5 (F/D - 1) + 0,0025 D/\lambda$
 Plano acimutal: $\Delta B = 1,3 (D/\lambda)^{-0,55}$
 Plano de elevación: $\Delta B = 2,0 (D/\lambda)^{-0,55}$
 D : diámetro de la antena (m)
 λ : longitud de onda (m)

S : desplazamiento angular, A , entre el eje de puntería de la antena y el punto en el borde de la zona de cobertura, expresado en aberturas de haz entre puntos de potencia mitad, como indica la Fig. 4, es decir: $S_1 = A_1 / 2\psi_b$ y $S_2 = A_2 / 2\psi_b$

$$C = \sqrt{1 + \frac{(20 K_2 - 3)}{K_1 B}} - 1$$

y corresponde al límite en el que $G(\Delta\psi)$ corresponde a un nivel de $-20 K_2$ (dB) con respecto a la ganancia máxima equivalente G_{ep} ; es decir $G(\Delta\psi) = G_e + 3 - 20 K_2$.

b) Región de lóbulos laterales cercanos: $C\psi_b \leq \Delta\psi < (C + 0,5)\psi_b$

Esta región se ha mantenido muy estrecha deliberadamente por varias razones. En efecto, los primeros lóbulos laterales altos, del orden de -20 dB, se producen solamente en algunos planos y van seguidos de lóbulos laterales uniformemente decrecientes. En las regiones donde se ensancha el haz, el primer lóbulo lateral se confunde con el lóbulo principal, el cual ha sido ya modelado por B en cuanto al límite del haz. Por todo esto es necesario mantener esta región muy estrecha con objeto de no sobrestimar el nivel de radiación (en cuanto a las antenas de clase B, esta región se ha ensanchado ligeramente y la función de ganancia se ha modificado). La función de ganancia en esta región es constante y viene dada por:

$$G(\Delta\psi) = G_e + 3 - 20 K_2 \quad (11)$$

c) Región de lóbulos laterales intermedios: $(C + 0,5)\psi_b \leq \Delta\psi < (C + 4,5)\psi_b$

Esta región se caracteriza por lóbulos laterales en disminución persistente. Habitualmente la envolvente disminuye alrededor de 10 dB a través de una abertura angular de $4\psi_b$. En consecuencia, esta región viene dada por:

$$G(\Delta\psi) = G_e + 3 - 20 K_2 + 2,5 \left[(C + 0,5) - \frac{\Delta\psi}{\psi_b} \right] \quad \text{dBi} \quad (12)$$

La anterior expresión disminuye desde $G_e + 3 - 20 K_2$ para $(C + 0,5)\psi_b$ hasta $G_e + 3 - 10 - 20 K_2$ para $(C + 4,5)\psi_b$.

d) Región de lóbulos laterales de gran amplitud angular:

$$(C + 4,5)\psi_b \leq \Delta\psi < (C + 4,5)\psi_b D,$$

donde $D = 10^{[(G_e - 27) / 20]}$

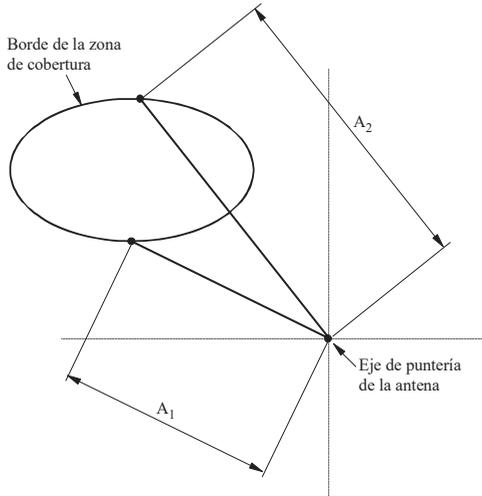
Esto corresponde a la región dominada por la difracción del borde procedente del reflector y disminuye a razón de 6 dB por octava, aproximadamente. En esta región se verifica:

$$G(\Delta\psi) = G_e + 3 - 10 - 20 K_2 + 20 \log \left[\frac{(C + 4,5) \psi_b}{\Delta\psi} \right] \quad \text{dBi} \quad (13)$$

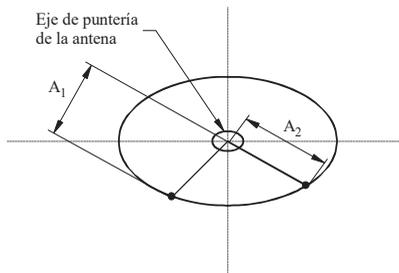
En esta región, $G(\Delta\psi)$ disminuye desde $G_e + 3 - 10 - 20 K_2$ para $(C + 4,5) \psi_b$ hasta $G_e + 3 - 16 - 20 K_2$ para $2(C + 4,5) \psi_b$. El límite superior está situado donde $G(\Delta\psi) = 3$ dBi.

FIGURA 4

Diagrama de una zona de cobertura



a) Eje de puntería fuera de la zona de cobertura



b) Eje de puntería dentro de la zona de cobertura

A_1, A_2 : Desviaciones angulares (grados) de los dos puntos en el borde de la zona de cobertura respecto al eje de puntería de la antena

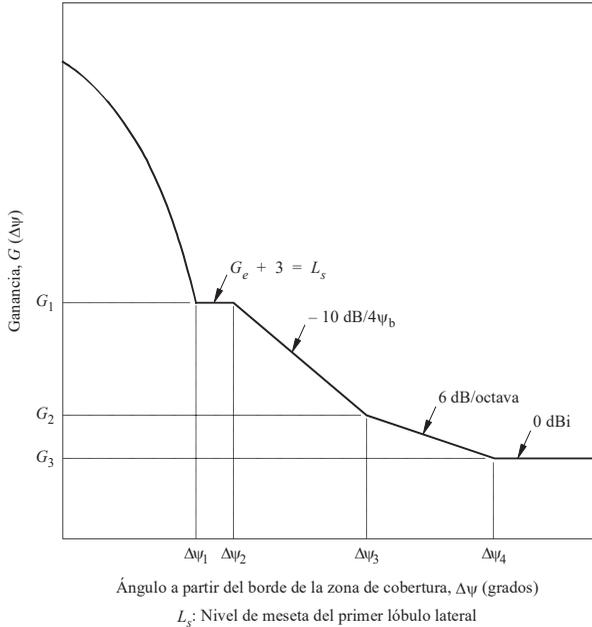
0672-04

- e) **Región de lóbulos laterales alejados:** $(C + 4,5) \psi_b D \leq \Delta\psi \leq 90$,
 donde $D = 10^{[(G_e - 27) / 20]}$

$$G(\Delta\psi) = 3 \quad \text{dBi} \tag{14}$$

Estas regiones se describen en la Fig. 5.

FIGURA 5
 Diferentes regiones en el modelo propuesto 2



0672-05

El modelo se puede también ampliar al caso de haces simples circulares, haces elípticos y antenas de reflector conformado. Estos casos se tratan ajustando el valor de B en el modelo general anterior:

- En los casos de haces circulares simples y elípticos, B pasa a tener el valor de 3,25.
- En los casos de reflector conformado se modifican los parámetros siguientes:

$$B = \begin{cases} 1,3 & \text{para } 0,5 \leq S \leq 0,75 \\ 1,56 - 0,34 S & \text{para } 0,75 < S \leq 2,75 \\ 0,62 & \text{para } S > 2,75 \end{cases}$$

siendo:

S : (desplazamiento angular desde el centro de cobertura) / $2\psi_b$

$$\psi_b = 40 \lambda / D$$

$$K_2 = 1,25$$

Conviene advertir que los valores propuestos para las antenas de reflector conformado corresponden a la información disponible sobre configuraciones sencillas de la antena. Esta nueva tecnología se desarrolla con rapidez, por lo que los valores se deben considerar únicamente provisionales. Además, se necesitan nuevos estudios para verificar los niveles «meseta» de lóbulos laterales que se pueden conseguir.

Empleo de factores de mejora K_1 y K_2

Con los factores de mejora K_1 y K_2 no se pretende expresar ningún proceso físico en el modelo, pues se trata de nuevas constantes para reajustar la configuración general del diagrama de antena sin alterar su carácter.

Un aumento del valor de K_1 sobre el valor actual de 1 hará más abrupta la pendiente de caída del haz principal.

El parámetro K_2 puede utilizarse para ajustar los niveles de la región de valor meseta de los lóbulos laterales aumentando K_2 su valor por encima de la unidad.

2.5 Características de caída de diagrama de haz conformado

La característica de caída del haz principal de antenas de haz conformado depende básicamente del tamaño de la antena. La distancia angular, $\Delta\psi_L$, desde el borde de la zona de cobertura hasta el punto en que la ganancia ha disminuido 22 dB (con relación a la ganancia en el borde) es un parámetro útil para fines de planificación de la órbita. Se relaciona con el tamaño de la antena mediante:

$$\Delta\psi_L = C (\lambda/D)$$

Para haces centrales con poca o ninguna conformación, el valor de C es 64 para un nivel máximo de lóbulos laterales de -25 dB. Sin embargo, para haces conformados, C está comprendida típicamente entre 64 y 80, dependiendo del grado de ensanchamiento del haz principal.

2.6 Diagramas de referencia para las relaciones de exploración intermedias

Los § 2.1 y 2.2 del *recomienda* presentan dos diagramas de referencia para las antenas de satélite en el SFS, uno para zonas de cobertura pequeñas con relaciones de exploración inferiores a 3,5 y el otro para zonas de cobertura grandes con relaciones de exploración superiores a 5,0. Sin embargo, no se han definido los diagramas de radiación para las relaciones de exploración intermedias ($3,5 < \delta < 5,0$) de las antenas de satélite.

A fin de asegurar la plena aplicación de la presente Recomendación, debe definirse el diagrama de radiación para las antenas con relaciones de exploración intermedias comprendidas entre 3,5 y 5,0. Evidentemente, un método consistiría en redefinir cualquiera de los dos modelos para dar cobertura a la otra región. No obstante, como solución provisional se propone conectar los dos modelos con un diagrama de referencia definido por parámetros similares a los que se utilizan en los § 2.1 y 2.2 del *recomienda*.

Sobre la base de este método, se está desarrollando un nuevo diagrama de referencia, aplicable únicamente a las antenas de clase A, que satisface las condiciones de los diagramas existentes para las zonas de cobertura pequeñas, así como para las zonas de cobertura grandes a $\delta = 3,5$ y $\delta = 5,0$ respectivamente. Dicho diagrama se define como una función del factor de ensanchamiento de haz, Q_i , que es la relación entre los límites superiores de las regiones de caída del haz principal del haz

conformado ($\delta > 1/2$) y las del haz concentrado ($\delta = 1/2$). Para las relaciones de exploración intermedias comprendidas en la gama $3,5 < \delta < 5,0$, el valor de Q_i se interpola como figura a continuación:

$$Q_i = Q + \left(\frac{C}{1,7808} - Q \right) \left(\frac{\delta - 3,5}{1,5} \right)$$

donde:

$$Q = 10 \sqrt[3]{\frac{0,000075 (\delta - 1/2)^2}{[(F/D_p)^2 + 0,02]^2}}$$

$$C = \sqrt{1 + \frac{22}{B}} - 1$$

$$B = 2,05 + 0,5 (F/D - 1) + 0,0025 D/\lambda - (\delta - 1,25) 1,65 (D/\lambda)^{-0,55}$$

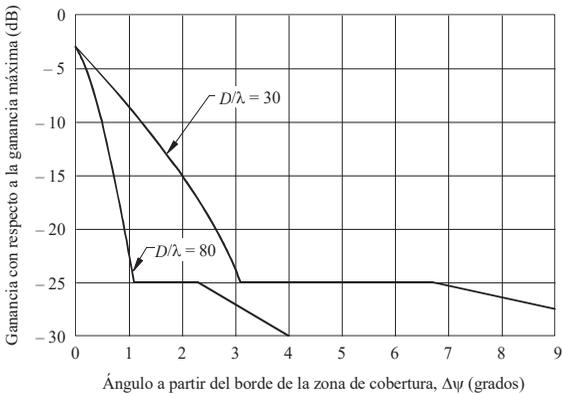
El diagrama de referencia para las relaciones de exploración intermedias en la gama ($3,5 < \delta < 5,0$) se define como sigue:

$$G_{dB_i} (\Delta\psi) = \begin{cases} G_{ep} + 0,256 - 13,065 \left(\frac{\Delta\psi}{Q_i \psi_0} + 0,5 \right)^2 & \text{para } 0 \leq \frac{\Delta\psi}{\psi_0} \leq 0,8904 Q_i \\ G_{ep} - 25 & \text{para } 0,8904 Q_i < \frac{\Delta\psi}{\psi_0} \leq 1,9244 Q_i \\ G_{ep} - 25 + 20 \log \left(\frac{1,9244 Q_i}{\Delta\psi} \right) & \text{para } 1,9244 Q_i < \frac{\Delta\psi}{\psi_0} \leq \frac{18}{\psi_0} \end{cases}$$

Las variables de las ecuaciones indicadas supra se han definido en los § 2.1 y 2.2 del *recomienda*.

La Fig. 6 ilustra un ejemplo del nuevo diagrama de referencia para $\delta = 4,25$ y para dos valores distintos de D/λ .

FIGURA 6
Diagramas de referencia propuestos para las relaciones de exploración intermedias ($3,5 < \delta < 5,0$)



D/λ : Parámetro de las curvas

$\delta = 1,25$

$F/D = 1, F/D_p = 0,35$

0672-06

Es preciso validar este modelo para la región de la relación de exploración intermedia mediante estudios adicionales.

ANEXO 2

1 Definición del contorno de la zona de cobertura y de los contornos de ganancia en torno a la zona de cobertura

1.1 Definición del contorno de la zona de cobertura

Una zona de cobertura puede definirse por una serie de puntos geográficos vistos desde el satélite. El número de puntos necesarios para definir razonablemente la zona de cobertura depende de la complejidad de la superficie. Estos puntos pueden desplazarse para tomar en cuenta las tolerancias de puntería de la antena y las variaciones debidas a consideraciones sobre el arco de servicio. Se forma un polígono conectando los puntos adyacentes y se establece el contorno de la zona de cobertura alrededor de ese polígono observando dos criterios:

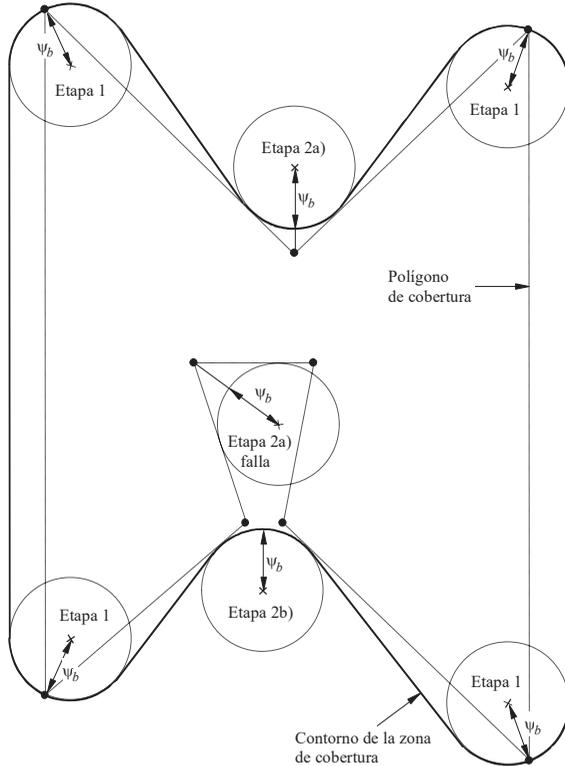
- El radio de curvatura del contorno de la zona de cobertura debe ser $\geq \psi_b$.
- La separación entre los segmentos rectos del contorno de la zona de cobertura debe ser $> 2\psi_b$ (véase la Fig. 7).

Si el polígono de cobertura puede incluirse en un círculo de radio ψ_b , este círculo es el contorno de la zona de cobertura. El centro de este círculo es el centro de un círculo de radio mínimo que estrictamente encierre el contorno de la zona de cobertura. Si el polígono de cobertura no puede incluirse en un círculo de radio ψ_b , entonces se procede del siguiente modo:

- Etapas 1:* Para todos los ángulos internos del polígono de cobertura $< 180^\circ$, se construye un círculo de radio ψ_b cuyo centro está a una distancia ψ_b en la bisectriz interna del ángulo. Si todos los ángulos son inferiores a 180° (sin concavidades) se suprimen las etapas 2 y 4 siguientes.
- Etapas 2:*
- a) Para todos los ángulos internos $> 180^\circ$ se construye un círculo de radio ψ_b que es tangente a las líneas conectadas al punto de la zona de cobertura cuyo centro está en la bisectriz externa del ángulo.
 - b) Si este círculo no se halla totalmente fuera del polígono de cobertura, entonces se construye un círculo de radio ψ_b que es tangente al polígono de cobertura en sus dos puntos más próximos y que se halla totalmente fuera del polígono de cobertura.
- Etapas 3:* Establecer segmentos de línea recta que sean tangentes a las porciones de los círculos de las etapas 1 y 2 que están próximas al polígono de cobertura, pero fuera del mismo.
- Etapas 4:* Si la distancia interna entre cualesquiera dos segmentos de línea recta de la etapa 3 es inferior a $2\psi_b$, los puntos de control del polígono de cobertura deben ajustarse de modo que la reaplicación de las etapas 1 a 3 dé una distancia interna entre los dos segmentos de línea recta igual a $2\psi_b$.

En la Fig. 7 aparece un ejemplo de esta técnica de construcción.

FIGURA 7
 Construcción del contorno de una zona de cobertura



0672-07

1.2 Contornos de ganancia en relación con el contorno de la zona de cobertura

Como también se indica en el Anexo 1, surgen problemas cuando el contorno de la zona de cobertura presenta concavidades. Si se utiliza un $\Delta\psi$ medido perpendicularmente al contorno de la zona de cobertura se producirán intersecciones de las perpendiculares y podría dar lugar a intersecciones con el contorno de la zona de cobertura.

Para evitar ese y otros problemas se propone un proceso en dos etapas. Si no hay concavidades en los contornos de cobertura, puede suprimirse la etapa 2 siguiente.

Etapa 1: Para cada $\Delta\psi$, construir un contorno tal que la distancia angular entre ese contorno y el contorno de la zona de cobertura nunca sea inferior a $\Delta\psi$.

Esto puede hacerse estableciendo arcos de $\Delta\psi$ de dimensión a partir de los puntos del contorno de la zona de cobertura. La envolvente externa de esos arcos es el contorno de ganancia resultante.

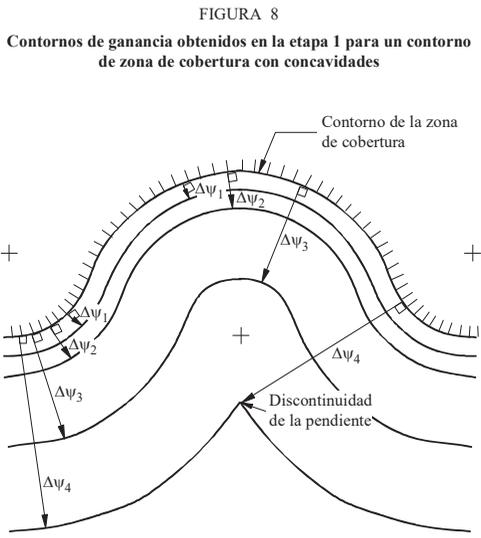
Si el contorno de la zona de cobertura es recto o convexo, esa condición queda satisfecha midiendo perpendicularmente al contorno de la zona de cobertura. En este caso no habrá intersecciones de las perpendiculares.

El empleo del proceso descrito en la etapa 1 evita esos problemas de construcción en las zonas de concavidad. Sin embargo, desde un punto de vista realista quedan ciertas zonas problemáticas. Como se ha indicado en el Anexo 1, el control de los lóbulos laterales en las zonas de concavidad, puede resultar más difícil a medida que aumenta el grado de concavidad, pues la sección transversal del diagrama tiende a ensancharse; si se emplea el proceso de la etapa 1 puede haber discontinuidades en la pendiente del contorno de ganancia.

Parece razonable suponer que los contornos de ganancia tienen radios de cobertura que nunca son inferiores a $(\psi_b + \Delta\psi)$ vistos desde dentro y desde fuera del contorno de ganancia. Esta condición queda satisfecha por el proceso de la etapa 1 en donde el contorno de la zona de cobertura es recto o convexo, pero no en las partes cóncavas del contorno de la zona de cobertura. Los puntos focales de los radios de curvatura en donde el contorno de la zona de cobertura es recto o convexo se hallan dentro del contorno de ganancia. En las partes cóncavas, el empleo de la etapa 1 puede dar radios de curvatura vistos desde fuera del contorno de ganancia que sean inferiores a $(\psi_b + \Delta\psi)$.

La Fig. 8 muestra un ejemplo del proceso de la etapa 1 en una parte cóncava. Se utilizan segmentos semicirculares para el contorno de la zona de cobertura a fin de facilitar la construcción. Obsérvese la discontinuidad de la pendiente.

Para tener en cuenta los problemas antes enunciados y eliminar cualquier discontinuidad de la pendiente, se propone una etapa 2 en donde existan concavidades.



Etapa 2: En las partes del contorno de ganancia determinado por la etapa 1 en donde el radio de curvatura, visto desde fuera de ese contorno, es inferior a $(\psi_b + \Delta\psi)$, esta parte del contorno de ganancia debe ser sustituida por un contorno que tenga un radio igual a $(\psi_b + \Delta\psi)$.

La Fig. 9 presenta un ejemplo del proceso de la etapa 2 aplicado a la concavidad de la Fig. 8. Para ilustrar el problema se indican los valores de los contornos de ganancia relativa, suponiendo que ψ_b es igual a lo indicado y que B tiene un valor de 3 dB.

Este método de construcción no tiene ambigüedades y da los contornos de las partes cóncavas que podían razonablemente esperarse. Aparecen, sin embargo, dificultades en la generación de soporte lógico para llevarlo a la práctica, y además no es enteramente apropiado para zonas de cobertura pequeñas. Los trabajos ulteriores continuarán perfeccionando el método en cuestión.

Con objeto de determinar los valores de la ganancia en puntos concretos sin elaborar los contornos se utiliza el siguiente proceso:

Los valores de la ganancia en puntos que no están cerca de una parte cóncava pueden hallarse determinando el ángulo $\Delta\psi$ medido perpendicularmente al contorno de la zona de cobertura y calculando la ganancia mediante la ecuación apropiada (10), (11), (12), (13) ó (14). La ganancia en un punto de concavidad puede determinarse como se indica a continuación.

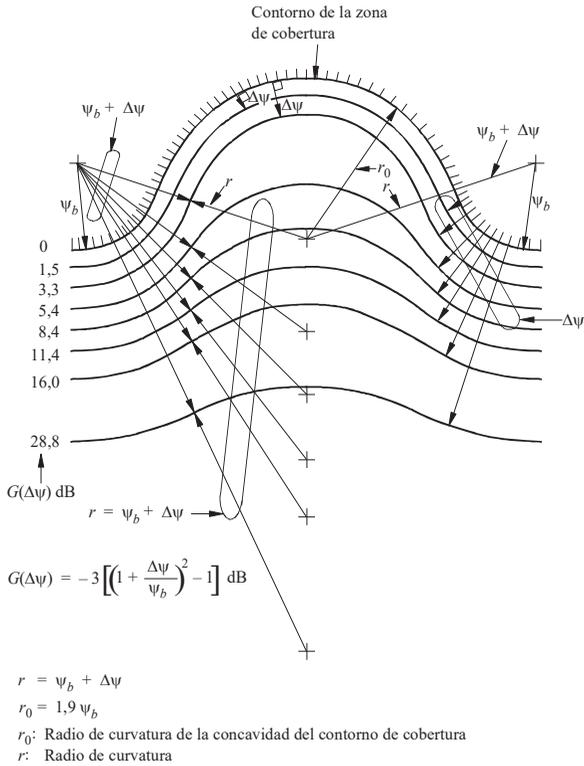
En primer lugar, se aplica una prueba sencilla. Se traza una línea recta a través de la concavidad de la cobertura de modo que toque el borde de la zona de cobertura en dos puntos sin cruzarlos en ninguna parte. Se trazan perpendiculares al contorno de cobertura en los puntos tangenciales. Si el punto en consideración queda fuera de la zona de cobertura entre dos perpendiculares, la discriminación de antena en ese punto puede verse afectada por la concavidad de la cobertura. Entonces es preciso proceder del siguiente modo:

Se determina el menor ángulo $\Delta\psi$ entre el punto en consideración y el contorno de la zona de cobertura. Se construye un círculo de radio $(\psi_b + \Delta\psi)$ cuya circunferencia contenga el punto, de modo que su distancia angular desde cualquier punto del contorno de la zona de cobertura alcance el valor máximo cuando el círculo quede enteramente fuera de la zona de cobertura; se llama a ese valor distancia angular máxima $\Delta\psi'$. El valor de $\Delta\psi'$ puede hallarse en cualquier ángulo entre 0 y $\Delta\psi$; no puede ser mayor que $\Delta\psi$; pero puede ser igual. Entonces se obtiene la discriminación de antena para el punto considerado a partir de las ecuaciones (10), (11), (12), (13) ó (14), según corresponda utilizando $\Delta\psi'$ en lugar de $\Delta\psi$.

Se han elaborado dos programas de computador para generar los contornos de la zona de cobertura sobre la base del método descrito anteriormente; dichos programas se encuentran disponibles en la Oficina de Radiocomunicaciones.

FIGURA 9

Construcción de los contornos de ganancia para un contorno de zona de cobertura con concavidades – etapas 1 y 2



0672-09

RECOMENDACIÓN UIT-R M.690-3

Características técnicas de las radiobalizas de localización de siniestros (RLS) que funcionan con frecuencias portadoras de 121,5 MHz y 243 MHz

(2009-2013-2012-2015)

Cometido

Esta Recomendación contiene las características técnicas que deben satisfacer las radiobalizas de localización de siniestros (RLS) destinadas a funcionar en las frecuencias portadoras de 121,5 MHz y 243 MHz.

Las características adicionales de las RLS incorporadas en aeronaves se especifican en los anexos correspondientes del Convenio sobre la Aviación Civil Internacional.

Palabras clave

Marítimo, RLS, 121,5 MHz, 243 MHz, características

Abreviaturas/Glosario

RLS Radiobaliza de localización de siniestros

OACI Organización de la Aviación Civil Internacional

La Asamblea de Radiocomunicaciones de la UIT,

considerando

a) que el Reglamento de Radiocomunicaciones define la finalidad de las señales de las radiobalizas de localización de siniestros (RLS);

b) que las administraciones que autorizan el uso de RLS que funcionan en las frecuencias portadoras de 121,5 MHz y 243 MHz deben asegurarse de que tales RLS cumplen las Recomendaciones UIT-R pertinentes y las normas y prácticas recomendadas por la OACI,

recomienda

que las características técnicas de las radiobalizas de localización de siniestros que funcionen con frecuencias portadoras de 121,5 MHz y 243 MHz estén conformes con el Anexo 1.

Anexo 1**Características técnicas de las radiobalizas de localización de siniestros que funcionan con frecuencias portadoras de 121,5 MHz y 243 MHz**

Las radiobalizas de localización de siniestros que utilizan las frecuencias portadoras de 121,5 MHz y 243 MHz reunirán las siguientes condiciones (véase la Nota 1):

- a) la emisión en condiciones y posiciones normales de las antenas estará polarizada verticalmente y será esencialmente omnidireccional en el plano horizontal;
- b) las frecuencias portadoras estarán moduladas en amplitud (ciclo de trabajo mínimo del 33%), con un índice de modulación de 0,85 como mínimo;
- c) la emisión consistirá en una señal de audiofrecuencia característica, lograda mediante la modulación en amplitud de las frecuencias portadoras con un barrido de audiofrecuencia ascendente o descendente en una gama no menor que 700 Hz entre 300 y 1 600 Hz y con una frecuencia de repetición de barrido de 2 a 4 veces por segundo;
- d) la emisión debe incluir una frecuencia portadora claramente definida distinta de las componentes de banda lateral por modulación; en particular, al menos el 30% de la potencia debe en todo instante estar dentro de:
 - ± 30 Hz de la frecuencia portadora en 121,5 MHz;
 - ± 60 Hz de la frecuencia portadora en 243 MHz;
- e) la clase de emisión será A3X; sin embargo, podrá emplearse cualquier tipo de modulación que reúna los requisitos indicados en los b), c) y d) anteriores, a condición de que no perjudique la localización precisa de la radiobaliza.

NOTA 1 – En los anexos pertinentes al Convenio sobre Aviación Civil Internacional se especifican características adicionales para las radiobalizas de localización de siniestros instaladas en aeronaves.

RECOMENDACIÓN UIT-R RA.769-2

CrITERIOS de protección para las mediciones radioastronómicas

(Cuestión UIT-R 145/7)

(1992-1995-2003)

La Asamblea de Radiocomunicaciones de la UIT,

considerando

- a) que muchos de los adelantos astronómicos más fundamentales realizados en los últimos cinco decenios (por ejemplo, el descubrimiento de radiogalaxias, cuásares y púlsares, la medición directa de hidrógeno neutro, la medición directa de distancias de ciertas galaxias externas y el establecimiento de un marco de referencia de posición con una exactitud de hasta $\sim 20 \mu\text{s}$ de arco) han sido logrados a través de la radioastronomía, y que se prevé que las observaciones radioastronómicas continuarán haciendo contribuciones fundamentales a nuestro conocimiento del Universo, ya que proporcionan la única manera de investigar algunos fenómenos cósmicos;
- b) que el desarrollo de la radioastronomía ha originado también importantes adelantos tecnológicos, en particular en las técnicas de recepción y de imágenes, ha mejorado el conocimiento de las limitaciones fundamentales del ruido radioeléctrico, de gran importancia para la radio-comunicación, y que promete otros resultados importantes;
- c) que los radioastrónomos han efectuado observaciones astronómicas útiles desde la superficie de la Tierra en todas las ventanas atmosféricas disponibles desde 2 MHz hasta 1 000 GHz, y superiores;
- d) que la técnica de la radioastronomía espacial, que utiliza radiotelescopios en plataformas espaciales, proporciona acceso a todo el espectro radioeléctrico por encima de 10 kHz, incluidas las partes del espectro no accesibles desde la Tierra debido a la absorción atmosférica;
- e) que para el progreso de la radioastronomía y las mediciones asociadas es esencial la protección contra la interferencia;
- f) que las observaciones radioastronómicas son efectuadas principalmente con antenas o conjuntos de antenas de alta ganancia, para proporcionar la más alta resolución angular posible, y en consecuencia, la interferencia de haz principal no tiene que ser considerada en la mayoría de las situaciones, salvo cuando existe la posibilidad de daño al receptor;
- g) que la mayor parte de la interferencia que produce degradación de los datos astronómicos se recibe a través de los lóbulos laterales lejanos del telescopio;
- h) que la sensibilidad del equipo de recepción en radioastronomía, no cesa de aumentar regularmente, en particular en longitudes de ondas milimétricas, y que es muy superior a la de los equipos de telecomunicación y de radar;
- j) que las observaciones radioastronómicas típicas requieren tiempos de integración del orden de unos minutos a horas, pero que las observaciones sensibles, particularmente de rayas espectrales, pueden requerir periodos de registro más largos, algunas veces de hasta varios días;

- k) que algunas transmisiones desde vehículos espaciales pueden provocar problemas de interferencia a la radioastronomía, que no pueden ser evitados con la elección del emplazamiento del observatorio, ni mediante protección local;
- l) que las transmisiones terrenales reflejadas en la Luna, en aeronaves y, eventualmente, en satélites artificiales pueden causar interferencias perjudiciales a la radioastronomía;
- m) que ciertos tipos de observaciones interferométricas de alta resolución espacial exigen la recepción simultánea, en la misma frecuencia radioeléctrica, por sistemas receptores muy separados, que pueden estar situados en países o en continentes distintos, o en plataformas espaciales;
- n) que las condiciones de propagación en frecuencias por debajo de unos 40 MHz son tales que un transmisor que funciona en cualquier parte de la Tierra pudiera causar interferencia en perjuicio de la radioastronomía;
- o) que la asignación de frecuencia apropiada, en el plano nacional más bien que internacional, permite lograr cierto grado de protección;
- p) que las CMR han mejorado las atribuciones de frecuencias a la radioastronomía, en particular por encima de 71 GHz, pero que para la protección en otras bandas, especialmente en las compartidas con otros servicios radioeléctricos, se puede necesitar aún una planificación cuidadosa;
- q) que se han desarrollado los criterios técnicos respecto a la interferencia perjudicial para el servicio de radioastronomía (SRA), los cuales se indican en los Cuadros 1, 2 y 3,

recomienda

- 1 que se inste a los radioastrónomos a elegir ubicaciones lo más exentas posible de interferencias;
- 2 que las administraciones se encarguen de asegurar la máxima protección posible a las frecuencias y sitios utilizados por los radioastrónomos en sus propios países y en los países vecinos y que al planificar sistemas globales, tengan muy en cuenta los niveles de interferencia perjudicial indicados en el Anexo 1;
- 3 que las administraciones, al encargarse de asegurar la protección de ciertas observaciones radioastronómicas, tomen todo género de medidas para reducir la amplitud de las radiaciones armónicas y de otras emisiones no esenciales que caigan en las bandas de frecuencias que han de protegerse para la radioastronomía al mínimo absoluto. Particularmente de las emisiones provenientes de aeronaves, estaciones situadas en plataformas a gran altitud, vehículos espaciales y globos;
- 4 que al proponer atribuciones de frecuencias, las administraciones tengan en cuenta que para el SRA compartir frecuencias con otros servicios es muy difícil cuando los transmisores y los observatorios mantienen visibilidad directa. Por encima de 40 MHz, es posible la compartición de frecuencias con otros servicios cuando no hay visibilidad directa entre los transmisores y los observatorios, pero puede ser necesaria la coordinación, especialmente si los transmisores son de gran potencia.

Anexo 1

Sensibilidad de los sistemas de radioastronomía

1 Consideraciones generales e hipótesis necesarias para el cálculo de niveles de interferencia

1.1 Criterio de interferencia de nivel perjudicial

La sensibilidad de una observación en radioastronomía se puede definir como la variación mínima del nivel de potencia ΔP en el nivel de potencia P , a la entrada del radiómetro, que puede ser detectada y medida. La ecuación de la sensibilidad es:

$$\frac{\Delta P}{P} = \frac{1}{\sqrt{\Delta f_0 t}} \quad (1)$$

donde:

P y ΔP : densidad de potencia espectral del ruido

Δf_0 : anchura de banda

t : tiempo de integración. P y ΔP en la ecuación (1) pueden ser expresados en unidades de temperatura mediante la constante de Boltzmann, k :

$$\Delta P = k \Delta T; \quad \text{asimismo} \quad P = k T \quad (2)$$

Así, es posible expresar la ecuación de sensibilidad del modo siguiente:

$$\Delta T = \frac{T}{\sqrt{\Delta f_0 t}} \quad (3)$$

donde:

$$T = T_A + T_R$$

Este resultado se aplica para una polarización del radiotelescopio. T es la suma de T_A (contribución del fondo cósmico, la atmósfera terrestre y la radiación terrestre en la temperatura de ruido de la antena) y T_R (temperatura de ruido del receptor). Las ecuaciones (1) o (3) se pueden utilizar para estimar los niveles de sensibilidad y de interferencia perjudicial para observaciones radioastronómicas. Los resultados se enumeran en los Cuadros 1 y 2. Se ha supuesto un tiempo de observación (o de integración), t , de 2 000 s, y los niveles de interferencia perjudicial, ΔP_H , de los Cuadros 1 y 2 se expresan como la potencia de interferencia dentro de la anchura de banda, Δf , que introduce un error del 10% en la medición de ΔP (o ΔT), es decir:

$$\Delta P_H = 0,1 \Delta P \Delta f \quad (4)$$

En resumen, cada una de las columnas de los Cuadros 1 y 2 puede calcularse utilizando los métodos siguientes:

- ΔT , mediante la ecuación (3),
- ΔP , mediante la ecuación (2),
- ΔP_H , mediante la ecuación (4).

La interferencia perjudicial puede expresarse también por la dfp que llega a la antena en el ancho de banda total, o como una dfp espectral S_H por 1 Hz. Se dan los valores para una antena cuya ganancia, en la dirección de llegada de la interferencia es igual a la de una antena isotrópica (antena cuya superficie efectiva es de $c^2/4\pi f^2$, siendo c la velocidad de la luz y f la frecuencia). La ganancia de un radiador isotrópico, 0 dBi, se usa como un valor representativo general para el nivel de lóbulo lateral, como se indica en el § 1.3.

Los valores de $S_H \Delta f$ (dB(W/m²)) se obtienen agregando a ΔP_H la cantidad:

$$20 \log f - 158,5 \quad \text{dB} \quad (5)$$

donde f (Hz). Para obtener S_H , basta con restar la cantidad de $10 \log \Delta f$ (Hz), a fin de tener en cuenta la anchura de banda.

1.2 Tiempo de integración

Las sensibilidades y los niveles de interferencia perjudicial calculados que figuran en los Cuadros 1 y 2 se basan en tiempos de integración de 2 000 s. Los tiempos de integración realmente utilizados en observaciones astronómicas abarcan una amplia gama de valores. Las observaciones del continuum hechas con telescopios de una sola antena (por oposición a los sistemas interferométricos) están bien representadas por el tiempo de integración de 2000 s, típico de observaciones de buena calidad. Por otra parte, el tiempo de 2 000 s es menos representativo de las observaciones de rayas espectrales. Las mejoras en la estabilidad de los receptores y el mayor empleo de espectrómetros de correlación han permitido una utilización más frecuente de tiempos de integración más largos requeridos para observar rayas espectrales débiles y son comunes las observaciones de rayas espectrales que duran varias horas. Un tiempo de integración más representativo para estas observaciones sería de 10 h. Para una integración de 10 h, el nivel de interferencia umbral es 6 dB más estricto que los valores indicados en el Cuadro 2. Hay también algunas observaciones de fenómenos de variación temporal, por ejemplo, las observaciones de púlsares, ráfagas estelares o solares y centelleos interplanetarios, para los cuales pueden ser adecuados periodos de tiempo mucho más cortos.

1.3 Diagrama de respuesta de la antena

La interferencia a la radioastronomía se recibe casi siempre a través de los lóbulos laterales de la antena, de modo que no hay que considerar la respuesta del haz principal a la interferencia.

El modelo de lóbulo lateral para grandes antenas paraboloideas en la gama de frecuencias de 2 a 30 GHz, contenido en la Recomendación UIT-R SA.509 es una buena aproximación de la respuesta de muchas antenas de radioastronomía y se adopta en esta Recomendación como la antena de referencia de radioastronomía. En este modelo, el nivel del lóbulo lateral disminuye en función de la distancia angular (grados) desde el eje del haz principal y es igual a $32 - 25 \log \varphi$ (dBi) para $1^\circ < \varphi < 48^\circ$. El efecto de una señal interferente depende claramente del ángulo de incidencia con respecto al eje del haz principal de la antena, pues la ganancia de lóbulo lateral, representada por el modelo, varía de 32 a -10 dBi en función de ese ángulo. Sin embargo, es útil calcular los niveles de umbral de la intensidad de interferencia para un valor particular de ganancia de lóbulo lateral, que hemos elegido como 0 dBi y utilizado en los Cuadros 1 a 3. Según el modelo, este nivel de lóbulo lateral ocurre en un ángulo de $19,05^\circ$ con respecto al eje del haz principal. Entonces una señal en el nivel de umbral perjudicial definido para una ganancia de lóbulo lateral de 0 dBi rebasará el criterio para el nivel perjudicial a la entrada del receptor si es incidente en la antena en un ángulo inferior a $19,05^\circ$. El ángulo sólido con un cono de radio angular $19,05^\circ$ es 0,344 sr, que equivale a 5,5% del 2π sr del cielo por encima del horizonte que un radiotelescopio es capaz de observar en

cualquier momento dado. De este modo, si la probabilidad del ángulo de incidencia de interferencia se distribuye uniformemente en el cielo, aproximadamente el 5,5% de las señales interferentes serían incidentes dentro de $19,05^\circ$ del eje del haz principal de una antena apuntada hacia el cielo. Obsérvese también que el valor 5,5% concuerda con los niveles recomendados de pérdida de datos de observaciones radioastronómicas en porcentajes de tiempo, especificados en la Recomendación UIT-R RA.1513.

El caso particular de satélites en la órbita no OSG presenta una situación dinámica, es decir, la posición de los satélites con respecto al haz de la antena de radioastronomía muestra grandes cambios dentro de la escala del tiempo de integración de 2000 s. En este caso, el análisis de interferencia requiere integrar la respuesta por encima de los niveles de lóbulo lateral que varían, utilizando, por ejemplo, el concepto de dfp equivalente ($dfpe$) definido en el número 22.5C del Reglamento de Radiocomunicaciones (RR). Además, suele ser necesario combinar las respuestas a un número de satélites dentro de un sistema particular. En estos cálculos, se sugiere utilizar el diagrama de respuesta de antena para antenas de diámetro mayor a 100λ de la Recomendación UIT-R S.1428 para representar la antena de radioastronomía, hasta que se disponga de un modelo basado específicamente en antenas de radioastronomía. Para un mayor análisis, véase el § 2.2.

1.4 Anchura de banda

La ecuación (1) muestra que se obtienen observaciones de máxima sensibilidad cuando los radioastrónomos utilizan la mayor anchura de banda posible. En consecuencia, en el Cuadro 1 (observaciones del continuum), Δf se supone que sea la anchura de las bandas de radioastronomía atribuidas para frecuencias hasta 71 GHz. Por encima de 71 GHz se utiliza un valor de 8 GHz, que es una anchura de banda representativa utilizada generalmente entre los receptores de radioastronomía en esta gama. En el Cuadro 2 (observaciones de rayas espectrales) se usa una anchura de banda de canal Δf igual al desplazamiento Doppler correspondiente a 3 km/s de velocidad para entradas por debajo de 71 GHz. Este valor representa un compromiso entre la alta resolución espectral deseada y la sensibilidad. Hay un número muy grande de rayas importantes desde el punto de vista astrofísico por encima de 71 GHz, como se muestra en la Recomendación UIT RA.314, y sólo se dan algunos valores representativos para los niveles perjudiciales en el Cuadro 2 para la gama 71-275 GHz. La anchura de banda de canal utilizado para calcular los niveles perjudiciales por encima de 71 GHz es 1000 kHz (1 MHz) en todos los casos. Este valor se ha elegido por motivos prácticos. Aunque es ligeramente mayor que la anchura de canal espectral habitual en los receptores de radioastronomía en estas frecuencias, se usa como la anchura de banda de referencia normalizado para servicios espaciales por encima de 15 GHz.

1.5 Temperatura de ruido del receptor y temperatura de la antena

Las temperaturas de ruido del receptor de los Cuadros 1 y 2 son representativas de los sistemas utilizados en radioastronomía. Para frecuencias por encima de 1 GHz éstos son amplificadores o mezcladores enfriados criogénicamente. El efecto del cuánto impone un límite más bajo teórico de hf/k a la temperatura de ruido de estos dispositivos, donde h y k son las constantes de Planck y de Boltzmann, respectivamente. Este límite es importante en frecuencias por encima de 100 GHz, donde equivale a 4,8 K. En la práctica, los mezcladores y amplificadores para bandas en 100 GHz y frecuencias más altas proporcionan temperaturas de ruido mayores que hf/k por un factor de cuatro aproximadamente. De este modo, para frecuencias por encima de 100 GHz, en los Cuadros 1 y 2 se utilizan temperaturas de ruido iguales a $4 hf/k$.

Las temperaturas de antena en los Cuadros son también representativas de sistemas utilizados en la práctica radioastronómica. Incluyen los efectos de la ionosfera o atmósfera neutra, la captura en el suelo de lóbulos laterales resultantes de dispersión, pérdidas óhmicas y el fondo de microondas cósmico. En frecuencias por encima de 100 GHz, las atenuaciones atmosféricas debidas al vapor de agua en la atmósfera neutra adquieren gran importancia. Para estas frecuencias, los valores indicados son típicos de ubicaciones terrenales utilizadas para importantes instalaciones de radioastronomía de ondas milimétricas, tales como Mauna Kea, Hawái, o el Llano de Chajnantor en una elevación de 5 000 m en Chile, que es el sitio elegido para un gran proyecto de sistemas de radioastronomía internacional para frecuencias en la gama 30 GHz a 1 THz.

2 Casos especiales

Los niveles indicados en los Cuadros 1 y 2 son aplicables a fuentes terrenales de señales interferentes. La d_{fp} perjudicial y la d_{fp} espectral mostrada en los Cuadros 1 y 2 suponen que la interferencia se recibe a través de un lóbulo lateral de 0 dBi, y debe ser considerada como el criterio de interferencia general para las observaciones radioastronómicas de alta sensibilidad, cuando la interferencia no entra en los lóbulos laterales cercanos.

2.1 Interferencia procedente de satélites en la OSG

La interferencia causada por satélites OSG es un caso de particular importancia. Como los niveles de potencia de los Cuadros 1 y 2 se calcularon basados en una ganancia de antena de 0 dBi se tropezará con interferencia perjudicial cuando una antena de referencia, como la descrita en la Recomendación UIT-R SA.509 esté apuntada dentro de los $19,05^\circ$ de un satélite transmitiendo en niveles correspondientes a los consignados en los Cuadros. Una serie de estos transmisores situados en torno a la OSG impediría observaciones de radioastronomía de elevada sensibilidad desde una banda celeste de $38,1^\circ$ de anchura y centrada en la órbita. La pérdida de una superficie celeste tan grande impondría severas restricciones a las observaciones de radioastronomía.

En general, no sería posible reducir las emisiones no deseadas procedentes de satélites hasta niveles inferiores al nivel perjudicial cuando el haz principal del radiotelescopio está apuntado directamente hacia el satélite. Se sugiere una solución viable observando la proyección de la OSG en las coordenadas celestes, vista desde las latitudes de una serie de observaciones radioastronómicas importantes (véase la Recomendación UIT-R RA.517). Si fuera posible apuntar un radiotelescopio dentro de los 5° de la OSG sin tropezar con interferencia perjudicial, para ese telescopio no se podría disponer de una banda celeste de 10° de anchura para observaciones de alta sensibilidad. Para un observatorio aislado ésta sería una gran pérdida. Sin embargo, para una combinación de radiotelescopios situados en latitudes septentrionales y meridionales, que funcionen a las mismas frecuencias, sería accesible todo el firmamento. Por tanto, debe considerarse que un valor de 5° es el requisito de separación angular mínima entre el haz principal de una antena de radioastronomía y la OSG.

En el modelo de respuesta de antena de la Recomendación UIT-R SA.509, el nivel de lóbulos laterales para un ángulo de 5° con respecto al haz principal es de 15 dBi. Por tanto, para evitar interferencia perjudicial a un radiotelescopio que cumple las características de lóbulo lateral de antena de la Recomendación UIT-R SA.509, apuntado dentro de los 5° del transmisor, es conveniente reducir las emisiones de satélite 15 dB por debajo de las d_{fp} indicadas en los Cuadros 1 y 2. Cuando los satélites están separados sólo unos pocos grados en la OSG, los niveles de emisión procedentes de cada transmisor deben ser más pequeños todavía, para cumplir el requisito de que la suma de las potencias de todas las señales interferentes recibidas esté 15 dB por debajo de ΔP_H en los Cuadros 1 y 2.

Se reconoce que, en la práctica, no pueden obtenerse las limitaciones de las emisiones antes citadas, a fin de permitir la compartición de la misma banda de frecuencias entre la radioastronomía y las transmisiones de enlace descendente procedentes de satélites. Las limitaciones son, sin embargo, aplicables a emisiones no deseadas desde los transmisores de satélite que caen dentro de las bandas de radioastronomía enumeradas en los Cuadros 1 y 2. Estas limitaciones de las emisiones tienen repercusiones para los servicios espaciales responsables de la interferencia, que requiere una evaluación cuidadosa. Además, en el diseño de nuevas antenas de radioastronomía debe procurarse reducir al mínimo el nivel de ganancia de los lóbulos laterales próximos al haz principal, como medio importante de reducir la interferencia causada por transmisores situados en OSG.

2.2 Interferencia procedente de satélites no OSG

En el caso de satélites no OSG, y en particular para satélites en órbita terrestre baja, los sistemas suelen comprender constelaciones de muchos satélites individuales. Por tanto, la determinación de los niveles de interferencia requiere el análisis del efecto combinado de muchas señales, la mayoría de las cuales se reciben a través de los lóbulos laterales lejanos de la antena de radioastronomía. Por tanto, es conveniente un modelo de lóbulo lateral más detallado que el de la Recomendación UIT-R SA.509, y se propone que se utilice el modelo de la Recomendación UIT-R S.1428 hasta que se obtenga un modelo más representativo para las antenas de radioastronomía. El uso de este modelo propuesto para antenas con diámetro mayor que 100λ es generalmente apropiado para aplicaciones de radioastronomía. Se ha de señalar que no se puede aplicar la Nota 1 de la Recomendación UIT-R S.1428, que permite pasar por alto los componentes de polarización cruzada, porque las antenas de radioastronomía generalmente reciben señales en dos polarizaciones ortogonales simultáneamente. El movimiento de los satélites no OSG a través del cielo durante un periodo de integración de 2 000 s requiere que el nivel de interferencia sea promediado en este periodo, es decir, la respuesta a cada satélite debe ser integrada según el satélite se mueve a través del diagrama de lóbulo lateral. Un sistema de análisis que incluye estos requisitos es el método de $dfpe$ descrito en el número 22.5C del RR. Los valores de $dfpe$ representan la dfp de una señal que entra a la antena a través del centro del haz principal que produciría un nivel equivalente de potencia de interferencia. Como los niveles umbral de interferencia perjudicial en los Cuadros 1 y 2 siguientes corresponden a la dfp recibida con una ganancia de antena de 0 dBi, es necesario compararlos con valores de $(dfpe + G_{mb})$, donde G_{mb} es la ganancia del haz principal, para determinar si la interferencia rebasa el nivel perjudicial. Recientemente se ha elaborado la Recomendación UIT-R S.1586, utilizando el método $dfpe$, para los cálculos de interferencia entre los telescopios de radioastronomía y los sistemas de satélite no OSG del SFS. Se elaboró también una Recomendación similar, la Recomendación UIT-R M.1583, para los cálculos de interferencia entre los telescopios de radioastronomía y los sistemas de satélites no OSG del SMS y del servicio de radionavegación por satélite. La aplicabilidad de los criterios de protección indicados en los Cuadros 1 y 2 se describe en la Recomendación UIT-R RA.1513.

2.3 Respuesta de los interferómetros y de los sistemas de antenas a la interferencia radioeléctrica

Hay dos efectos que reducen la respuesta a la interferencia y que están relacionados con la frecuencia de las franjas de interferencia que se observan cuando se combinan las salidas de las dos antenas y con el hecho de que las componentes de la señal interferente recibida por antenas distintas y muy separadas experimentarán retardos temporales relativos distintos antes de recombinarse. El tratamiento de estos efectos es más complicado que en el caso de las antenas sencillas del § 1. En términos generales, si la intensidad de la señal interferente recibida permanece constante, el efecto

es que se reduce por un factor aproximadamente igual al tiempo medio de un periodo de oscilación de la franja de interferencia dividido por el tiempo de promediación de los datos. Esto va típicamente desde algunos segundos para una formación de antenas compacta con separación proyectada máxima $L' \sim 10^3 \lambda$, siendo λ la longitud de onda, hasta menos de 1 ms para las formaciones intercontinentales con $L' \sim 10^7 \lambda$. Así pues, en comparación con un solo radiotelescopio, el interferómetro tiene un grado de inmunidad a la interferencia que, en condiciones de hipótesis razonables, aumenta con el tamaño del sistema de antenas expresado en longitudes de onda.

La inmunidad máxima a la interferencia se produce para los interferómetros y las formaciones de antenas en las que la separación de éstas es suficientemente grande, de forma que la probabilidad de aparición de interferencia correlacionada es muy pequeña (por ejemplo, para la interferometría de línea de base muy larga (VLBI)). En este caso, las consideraciones anteriores no son aplicables. El nivel de interferencia tolerable viene determinado por el requisito de que el nivel de potencia de la señal interferente no debe ser mayor del 1% de la potencia de ruido recibida, a fin de evitar errores graves en las mediciones de la amplitud de las señales cósmicas. En el Cuadro 3 figuran los niveles de interferencia perjudicial para las observaciones VLBI típicas, basados en los valores de T_A y T_R indicados en el Cuadro 1.

Hay que hacer hincapié en que la utilización de interferómetros y sistemas de antenas grandes se limita generalmente a los estudios de fuentes discretas de gran brillo, con dimensiones angulares no superiores a algunas décimas de segundo de arco para la VLBI. En el caso de estudios más generales de fuentes radioeléctricas, se aplican los resultados de los Cuadros 1 y 2 que son adecuados para la protección general de la radioastronomía.

CUADRO 1
Niveles umbrales de interferencia perjudicial para las observaciones radioastronómicas del continuo

Frecuencia central ⁽¹⁾ f_c (MHz)	Anchura de banda supuesta Δf (MHz)	Temperatura mínima de ruido de la antena T_A (K)	Temperatura de ruido del receptor T_R (K)	Sensibilidad del sistema ⁽²⁾ (fluctuaciones del ruido)		Niveles umbrales de interferencia ⁽²⁾⁽³⁾		
				Temperatura ΔT (mK)	Densidad espectral de potencia ΔP (dB(W/Hz))	Potencia a la entrada ΔP_{in} (dBW)	dfp $S_{ir}/\Delta f$ (dB(W/m ²))	dfp espectral S_{ir} (dB(W/m ² · Hz))
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)
13,385	0,05	50000	60	5,000	-222	-185	-201	-248
25,610	0,12	15000	60	972	-229	-188	-199	-249
73,8	1,6	750	60	14,3	-247	-195	-196	-258
151,525	2,95	150	60	2,73	-254	-199	-194	-259
325,3	6,6	40	60	0,87	-259	-201	-189	-258
408,05	3,9	25	60	0,96	-259	-203	-189	-255
611	6,0	20	60	0,73	-260	-202	-185	-253
1413,5	27	12	10	0,095	-269	-205	-180	-255
1665	10	12	10	0,16	-267	-207	-181	-251
2695	10	12	10	0,16	-267	-207	-177	-247
4995	10	12	10	0,16	-267	-207	-171	-241
10650	100	12	10	0,049	-272	-202	-160	-240
15375	50	15	15	0,095	-269	-202	-156	-233
22355	290	35	30	0,085	-269	-195	-146	-231
23800	400	15	30	0,050	-271	-195	-147	-233
31550	500	18	65	0,083	-269	-192	-141	-228
43000	1000	25	65	0,064	-271	-191	-137	-227
89000	8000	12	30	0,011	-278	-189	-129	-228
150000	8000	14	30	0,011	-278	-189	-124	-223
224000	8000	20	43	0,016	-277	-188	-119	-218
270000	8000	25	50	0,019	-276	-187	-117	-216

(1) Los cálculos de los niveles de interferencia se basan en la frecuencia central indicada en esta columna, aunque no todas las regiones tienen las mismas asignaciones.

(2) Se ha supuesto un tiempo de integración de 2000 s; si se utilizan tiempos de integración de 15 min, 1 h, 2 h, 5 h ó 10 h, los valores correspondientes en el Cuadro deben modificarse en +1,7, -1,3, -2,8, -4,8 ó -6,3 dB, respectivamente.

(3) Los niveles de interferencia indicados son los que se aplican a las mediciones de la potencia total recibida por una sola antena. Pueden ser adecuados otros niveles menos estrictos para otros tipos de mediciones, como se indica en el § 2.2. En los transmisores situados en la OSG, es conveniente que los niveles se ajusten a -15 dB, como se indica en el § 2.1.

CUADRO 2*
Niveles umbrales de interferencia perjudicial para las observaciones radioastronómicas de rayas espectrales

Frecuencia f (MHz)	Anchura de banda de canal supuesta de la raya espectral Δf (kHz)	Temperatura mínima de ruido de la antena T_A (K)	Temperatura de ruido del receptor T_R (K)	Sensibilidad del sistema ⁽¹⁾ (fluctuaciones del ruido)		Niveles umbrales de interferencia ⁽¹⁾⁽²⁾		
				Temperatura ΔT (mK)	Densidad espectral de potencia ΔP_S (dB(W/Hz))	Potencia a la entrada ΔP_H (dBW)	dfp $\frac{S_{ir}\Delta f}{S_{ir}}$ (dB(W/m ²))	dfp espectral $\frac{S_{ir}}{S_{ir}}$ (dB(W/m ² · Hz))
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)
327	10	40	60	22,3	-245	-215	-204	-244
1 420	20	12	10	3,48	-253	-220	-196	-239
1 612	20	12	10	3,48	-253	-220	-194	-238
1 665	20	12	10	3,48	-253	-220	-194	-237
4 830	50	12	10	2,20	-255	-218	-183	-230
14 488	150	15	15	1,73	-256	-214	-169	-221
22 200	250	35	30	2,91	-254	-210	-162	-216
23 700	250	35	30	2,91	-254	-210	-161	-215
43 000	500	25	65	2,84	-254	-207	-153	-210
48 000	500	30	65	3,00	-254	-207	-152	-209
88 600	1 000	12	30	0,94	-259	-209	-148	-208
150 000	1 000	14	30	0,98	-259	-209	-144	-204
220 000	1 000	20	43	1,41	-257	-207	-139	-199
265 000	1 000	25	50	1,68	-256	-206	-137	-197

* Este Cuadro no pretende dar una lista completa de las bandas de rayas espectrales, sino ejemplos representativos en todo el espectro.

(1) Se ha supuesto un tiempo de integración de 2 000 s; si se utilizan tiempos de integración de 15 min, 1 h, 2 h, 5 h o 10 h, los valores correspondientes en el Cuadro deben modificarse en +1,7, -1,3, -2,8, -4,8 o -6,3 dB, respectivamente.

(2) Los niveles de interferencia indicados son los que se aplican a las mediciones de la potencia total recibida por una sola antena. Pueden ser adecuados otros niveles menos estrictos para otros tipos de mediciones, como se indica en el § 2.2. En los transmisores situados en la OSG, es conveniente que los niveles se ajusten a -1,5 dB, como se indica en el § 2.1.

DESCRIPCIÓN DE LAS COLUMNAS DE LOS CUADROS 1 Y 2

Columna

- (1) Frecuencia central de la banda atribuida a la de radioastronomía (Cuadro 1) o frecuencia nominal de la raya espectral (Cuadro 2).
- (2) Anchura de banda supuesta o atribuida (Cuadro 1) o anchura de banda típica supuesta utilizada para las observaciones de las rayas espectrales (Cuadro 2).
- (3) La temperatura mínima de ruido de la antena incluye las contribuciones de la ionosfera, de la atmósfera terrestre y de la radiación procedente de la Tierra.
- (4) Temperatura de ruido del receptor representativa de un buen sistema radiométrico destinado a observaciones radioastronómicas de alta sensibilidad.
- (5) Sensibilidad total del sistema (mK) calculada a partir de la ecuación (1) teniendo en cuenta las temperaturas combinadas de ruido de la antena y del receptor, la anchura de banda indicada y un tiempo de integración de 2 000 s.
- (6) Como en (5), pero expresada en términos de densidad espectral de potencia de ruido a partir de la ecuación $\Delta P = k \Delta T$, donde $k = 1,38 \times 10^{-23}$ (J/K) (constante de Boltzmann). Los valores reales del Cuadro son la expresión logarítmica de ΔP .
- (7) Nivel de potencia a la entrada del receptor que se considera perjudicial para las observaciones de gran sensibilidad, ΔP_H . Se expresa como nivel de interferencia que introduce en la medición de ΔP un error no superior al 10%: $\Delta P_H = 0,1 \Delta P \Delta f$. Los valores del Cuadro son la expresión logarítmica de ΔP_H .
- (8) df_p en el canal de la raya espectral necesaria para producir un nivel de potencia ΔP_H en un sistema receptor con una antena receptora isótropa. Los valores del Cuadro son la expresión logarítmica de $S_H \Delta f$.
- (9) df_p espectral necesaria para producir un nivel de potencia ΔP_H en un sistema receptor con una antena receptora isótropa. Los valores del Cuadro son la expresión logarítmica de S_H . Para obtener los correspondientes niveles de potencia en una anchura de banda de referencia de 4 kHz o 1 MHz, añádanse 36 dB o 60 dB, respectivamente.

CUADRO 3

Nivel de interferencia umbral para observaciones VLBI

Frecuencia central (MHz)	Nivel de interferencia umbral (dB(W/(m ² · Hz)))
325,3	-217
611	-212
1413,5	-211
2695	-205
4995	-200
10 650	-193
15 375	-189
23 800	-183
43 000	-175
86 000	-172

RECOMENDACIÓN UIT-R P.838-3

**Modelo de la atenuación específica debida a la lluvia
para los métodos de predicción**

(Cuestión UIT-R 201/3)

(1992-1999-2003-2005)

La Asamblea de Radiocomunicaciones,

considerando

a) que es necesario calcular la atenuación producida por la lluvia a partir de valores de intensidad de lluvia conocidos,

recomienda

1 que se utilice el procedimiento siguiente.

La atenuación específica γ_R (dB/km) se obtiene a partir de la intensidad de la lluvia R (mm/h) mediante la ley potencial:

$$\gamma_R = kR^\alpha \quad (1)$$

Los valores de los coeficientes k y α se determinan en función de la frecuencia, f (GHz), en la gama de 1 a 1 000 GHz, a partir de las ecuaciones siguientes, que se han obtenido mediante el ajuste de curvas a los coeficientes de la ley potencial derivados de cálculos de dispersión:

$$\log_{10} k = \sum_{j=1}^4 a_j \exp \left[- \left(\frac{\log_{10} f - b_j}{c_j} \right)^2 \right] + m_k \log_{10} f + c_k \quad (2)$$

$$\alpha = \sum_{j=1}^5 a_j \exp \left[- \left(\frac{\log_{10} f - b_j}{c_j} \right)^2 \right] + m_\alpha \log_{10} f + c_\alpha \quad (3)$$

donde:

f : frecuencia (GHz)

k : puede ser k_H o k_V

α : puede ser α_H o α_V .

En el Cuadro 1 se indican los valores de las constantes para el coeficiente k_H de polarización horizontal, y en el Cuadro 2 para el coeficiente k_V de polarización vertical. En el Cuadro 3 se indican los valores de las constantes para el coeficiente α_H de polarización horizontal, y en el Cuadro 4 para el coeficiente α_V de polarización vertical.

CUADRO 1
Coeficientes para k_H

j	a_j	b_j	c_j	m_k	c_k
1	-5,33980	-0,10008	1,13098	-0,18961	0,71147
2	-0,35351	1,26970	0,45400		
3	-0,23789	0,86036	0,15354		
4	-0,94158	0,64552	0,16817		

CUADRO 2
Coeficientes para k_V

j	a_j	b_j	c_j	m_k	c_k
1	-3,80595	0,56934	0,81061	-0,16398	0,63297
2	-3,44965	-0,22911	0,51059		
3	-0,39902	0,73042	0,11899		
4	0,50167	1,07319	0,27195		

CUADRO 3
Coeficientes para α_H

j	a_j	b_j	c_j	m_α	c_α
1	-0,14318	1,82442	-0,55187	0,67849	-1,95537
2	0,29591	0,77564	0,19822		
3	0,32177	0,63773	0,13164		
4	-5,37610	-0,96230	1,47828		
5	16,1721	-3,29980	3,43990		

CUADRO 4
Coeficientes para α_V

j	a_j	b_j	c_j	m_α	c_α
1	-0,07771	2,33840	-0,76284	-0,053739	0,83433
2	0,56727	0,95545	0,54039		
3	-0,20238	1,14520	0,26809		
4	-48,2991	0,791669	0,116226		
5	48,5833	0,791459	0,116479		

Para la polarización lineal y circular, y para cualquier geometría del trayecto, los coeficientes de la ecuación (1) pueden calcularse mediante los valores de las ecuaciones (2) y (3) utilizando las ecuaciones siguientes:

$$k = [k_H + k_V + (k_H - k_V) \cos^2 \theta \cos 2 \tau] / 2 \tag{4}$$

$$\alpha = [k_H \alpha_H + k_V \alpha_V + (k_H \alpha_H - k_V \alpha_V) \cos^2 \theta \cos 2 \tau] / 2k \tag{5}$$

donde θ es el ángulo de elevación del trayecto y τ es el ángulo de inclinación de la polarización con respecto a la horizontal ($\tau = 45^\circ$ para la polarización circular).

Para facilitar su consulta, los coeficientes k y α se muestran gráficamente en las Figs. 1 a 4, y en el Cuadro 5 se indican los valores numéricos de los coeficientes en determinadas frecuencias.

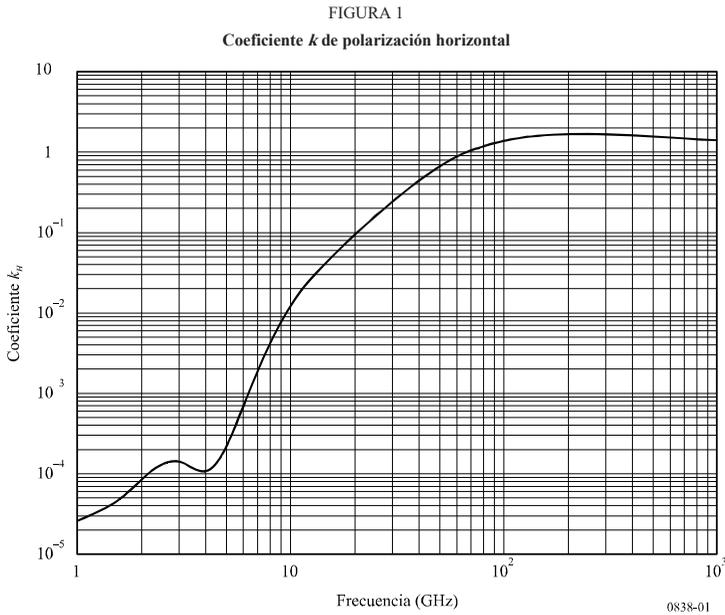


FIGURA 2
Coeficiente α de polarización horizontal

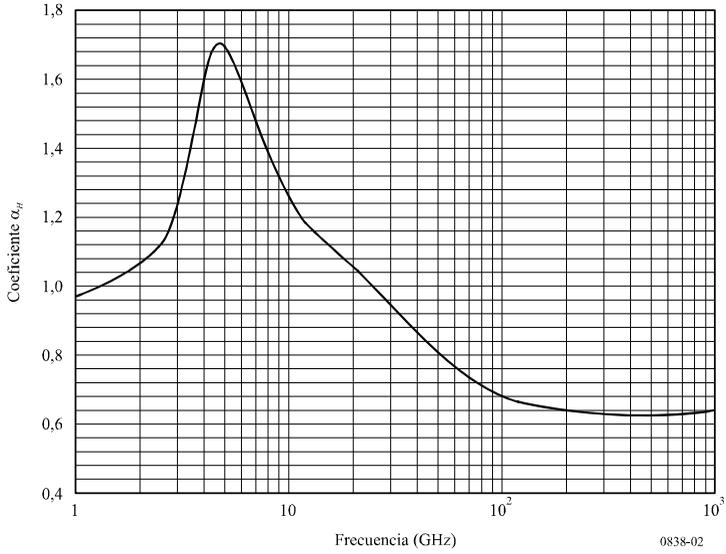


FIGURA 3
Coeficiente k de polarización vertical

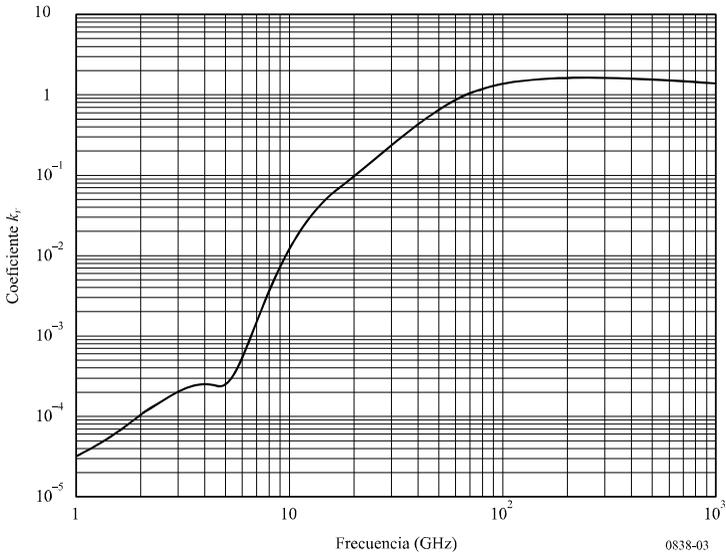
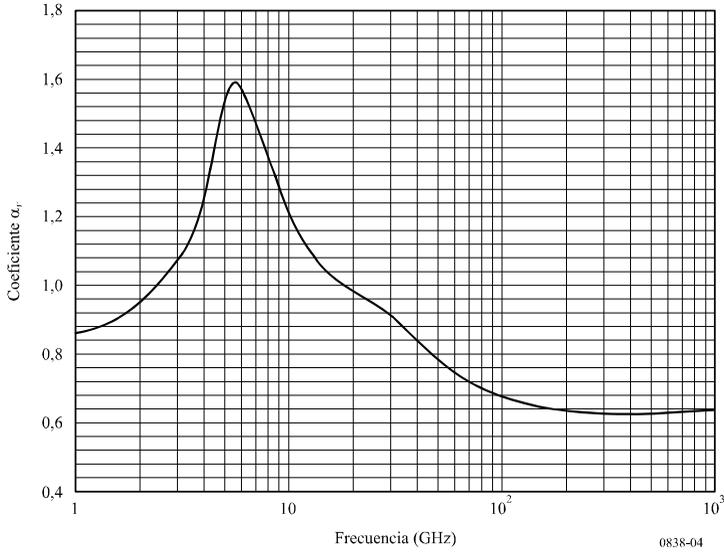


FIGURA 4
Coefficiente α de polarización vertical



CUADRO 5

Coefficientes que dependen de la frecuencia para estimar la atenuación específica debida a la lluvia utilizando las ecuaciones (4), (5) y (1)

Frecuencia (GHz)	k_H	α_H	k_V	α_V
1	0,0000259	0,9691	0,0000308	0,8592
1,5	0,0000443	1,0185	0,0000574	0,8957
2	0,0000847	1,0664	0,0000998	0,9490
2,5	0,0001321	1,1209	0,0001464	1,0085
3	0,0001390	1,2322	0,0001942	1,0688
3,5	0,0001155	1,4189	0,0002346	1,1387
4	0,0001071	1,6009	0,0002461	1,2476
4,5	0,0001340	1,6948	0,0002347	1,3987
5	0,0002162	1,6969	0,0002428	1,5317
5,5	0,0003909	1,6499	0,0003115	1,5882
6	0,0007056	1,5900	0,0004878	1,5728
7	0,001915	1,4810	0,001425	1,4745
8	0,004115	1,3905	0,003450	1,3797
9	0,007535	1,3155	0,006691	1,2895

CUADRO 5 (Continuación)

Frecuencia (GHz)	k_H	α_H	k_V	α_V
10	0,01217	1,2571	0,01129	1,2156
11	0,01772	1,2140	0,01731	1,1617
12	0,02386	1,1825	0,02455	1,1216
13	0,03041	1,1586	0,03266	1,0901
14	0,03738	1,1396	0,04126	1,0646
15	0,04481	1,1233	0,05008	1,0440
16	0,05282	1,1086	0,05899	1,0273
17	0,06146	1,0949	0,06797	1,0137
18	0,07078	1,0818	0,07708	1,0025
19	0,08084	1,0691	0,08642	0,9930
20	0,09164	1,0568	0,09611	0,9847
21	0,1032	1,0447	0,1063	0,9771
22	0,1155	1,0329	0,1170	0,9700
23	0,1286	1,0214	0,1284	0,9630
24	0,1425	1,0101	0,1404	0,9561
25	0,1571	0,9991	0,1533	0,9491
26	0,1724	0,9884	0,1669	0,9421
27	0,1884	0,9780	0,1813	0,9349
28	0,2051	0,9679	0,1964	0,9277
29	0,2224	0,9580	0,2124	0,9203
30	0,2403	0,9485	0,2291	0,9129
31	0,2588	0,9392	0,2465	0,9055
32	0,2778	0,9302	0,2646	0,8981
33	0,2972	0,9214	0,2833	0,8907
34	0,3171	0,9129	0,3026	0,8834
35	0,3374	0,9047	0,3224	0,8761
36	0,3580	0,8967	0,3427	0,8690
37	0,3789	0,8890	0,3633	0,8621
38	0,4001	0,8816	0,3844	0,8552
39	0,4215	0,8743	0,4058	0,8486
40	0,4431	0,8673	0,4274	0,8421
41	0,4647	0,8605	0,4492	0,8357
42	0,4865	0,8539	0,4712	0,8296
43	0,5084	0,8476	0,4932	0,8236
44	0,5302	0,8414	0,5153	0,8179
45	0,5521	0,8355	0,5375	0,8123
46	0,5738	0,8297	0,5596	0,8069
47	0,5956	0,8241	0,5817	0,8017

CUADRO 5 (Continuación)

Frecuencia (GHz)	k_H	α_H	k_V	α_V
48	0,6172	0,8187	0,6037	0,7967
49	0,6386	0,8134	0,6255	0,7918
50	0,6600	0,8084	0,6472	0,7871
51	0,6811	0,8034	0,6687	0,7826
52	0,7020	0,7987	0,6901	0,7783
53	0,7228	0,7941	0,7112	0,7741
54	0,7433	0,7896	0,7321	0,7700
55	0,7635	0,7853	0,7527	0,7661
56	0,7835	0,7811	0,7730	0,7623
57	0,8032	0,7771	0,7931	0,7587
58	0,8226	0,7731	0,8129	0,7552
59	0,8418	0,7693	0,8324	0,7518
60	0,8606	0,7656	0,8515	0,7486
61	0,8791	0,7621	0,8704	0,7454
62	0,8974	0,7586	0,8889	0,7424
63	0,9153	0,7552	0,9071	0,7395
64	0,9328	0,7520	0,9250	0,7366
65	0,9501	0,7488	0,9425	0,7339
66	0,9670	0,7458	0,9598	0,7313
67	0,9836	0,7428	0,9767	0,7287
68	0,9999	0,7400	0,9932	0,7262
69	1,0159	0,7372	1,0094	0,7238
70	1,0315	0,7345	1,0253	0,7215
71	1,0468	0,7318	1,0409	0,7193
72	1,0618	0,7293	1,0561	0,7171
73	1,0764	0,7268	1,0711	0,7150
74	1,0908	0,7244	1,0857	0,7130
75	1,1048	0,7221	1,1000	0,7110
76	1,1185	0,7199	1,1139	0,7091
77	1,1320	0,7177	1,1276	0,7073
78	1,1451	0,7156	1,1410	0,7055
79	1,1579	0,7135	1,1541	0,7038
80	1,1704	0,7115	1,1668	0,7021
81	1,1827	0,7096	1,1793	0,7004
82	1,1946	0,7077	1,1915	0,6988
83	1,2063	0,7058	1,2034	0,6973
84	1,2177	0,7040	1,2151	0,6958
85	1,2289	0,7023	1,2265	0,6943

CUADRO 5 (*Fin*)

Frecuencia (GHz)	k_H	α_H	k_V	α_V
86	1,2398	0,7006	1,2376	0,6929
87	1,2504	0,6990	1,2484	0,6915
88	1,2607	0,6974	1,2590	0,6902
89	1,2708	0,6959	1,2694	0,6889
90	1,2807	0,6944	1,2795	0,6876
91	1,2903	0,6929	1,2893	0,6864
92	1,2997	0,6915	1,2989	0,6852
93	1,3089	0,6901	1,3083	0,6840
94	1,3179	0,6888	1,3175	0,6828
95	1,3266	0,6875	1,3265	0,6817
96	1,3351	0,6862	1,3352	0,6806
97	1,3434	0,6850	1,3437	0,6796
98	1,3515	0,6838	1,3520	0,6785
99	1,3594	0,6826	1,3601	0,6775
100	1,3671	0,6815	1,3680	0,6765
120	1,4866	0,6640	1,4911	0,6609
150	1,5823	0,6494	1,5896	0,6466
200	1,6378	0,6382	1,6443	0,6343
300	1,6286	0,6296	1,6286	0,6262
400	1,5860	0,6262	1,5820	0,6256
500	1,5418	0,6253	1,5366	0,6272
600	1,5013	0,6262	1,4967	0,6293
700	1,4654	0,6284	1,4622	0,6315
800	1,4335	0,6315	1,4321	0,6334
900	1,4050	0,6353	1,4056	0,6351
1 000	1,3795	0,6396	1,3822	0,6365

RECOMENDACIÓN UIT-R M. 1084-5*, **

**Soluciones provisionales para la utilización más eficaz de la banda
156-174 MHz por las estaciones del servicio móvil marítimo**

(1994-1995-1997-1998-2001-2012)

Cometido

En esta Recomendación se proponen maneras de mejorar la eficiencia en el uso de la banda 156-174 MHz por las estaciones del servicio móvil marítimo; se describen específicamente las características técnicas para la utilización de canales espaciados por 12,5 kHz, la migración a canales de banda estrecha, un ejemplo de método para implementar el intercalado de canales de banda estrecha con separación entre canales desplazados en 12,5 kHz y la asignación de números de canal a los canales espaciados, y la explotación simplex de los canales dúplex.

La Asamblea de Radiocomunicaciones de la UIT,

considerando

- a) que es esencial un sistema internacional común para que las comunicaciones marítimas garanticen la seguridad de la vida en el mar;
- b) que utilizando las técnicas más modernas de equipos de banda estrecha o digitales se obtienen los mayores beneficios a largo plazo en cuanto a eficacia en el empleo del espectro;
- c) que la introducción de nueva tecnología o la nueva planificación de las bandas de frecuencia es una práctica importante que requiere un largo periodo de transición;
- d) que es preciso que todo equipo nuevo sea compatible o pueda coexistir con los equipos actuales conformes a la Recomendación UIT-R M.489;
- e) que la introducción de nueva tecnología no debe interrumpir la disponibilidad, para todos los usuarios, de las comunicaciones de socorro y seguridad en las bandas de ondas métricas del servicio móvil marítimo indicadas en el Apéndice 18 al RR;
- f) que la congestión en la banda de ondas métricas del servicio móvil marítimo es ya un problema grave en algunas partes del mundo y sigue aumentando;
- g) que debido a esta necesidad, las administraciones pueden recurrir a medidas para solucionar sus problemas de congestión local;
- h) que en el Apéndice 18 al RR se prevé que las administraciones apliquen el entrelazado de canales de 12,5 kHz, sujeto a coordinación con las administraciones afectadas;
- j) que la realización de canales de 12,5 kHz requiere un plan de numeración de canales normalizado;
- k) que algunas administraciones han establecido el funcionamiento en una sola frecuencia de canales de dos frecuencias como medio de aliviar la congestión actual;
- l) que estas soluciones provisionales se utilizan en el sistema de identificación automático a bordo de barcos normalizado desarrollado con arreglo a la Recomendación UIT-R M.1371 para atender a los requisitos de transporte para barcos estipulados por la OMI,

* Esta Recomendación debe señalarse a la atención de la Organización Marítima Internacional (OMI).

** La Comisión de Estudio 5 de Radiocomunicaciones introdujo modificaciones redaccionales a esta Recomendación en noviembre de 2010.

recomienda

- 1 que las administraciones que tienen necesidad urgente de resolver el problema de la congestión, utilicen el funcionamiento en una sola frecuencia de canales de dos frecuencias como medida provisional;
- 2 que, para las administraciones que tienen necesidad urgente de resolver el problema de la congestión, puede recurrirse al cambio a modulación de frecuencia (MF) analógica a 12,5 kHz como solución provisional para mejorar la utilización del espectro, pero deben considerarse las repercusiones en la explotación actual, especialmente para la navegación marítima internacional con separación entre canales de 25 kHz;
- 3 que las administraciones, cuando empleen MF analógica a 12,5 kHz como medida provisional, deben emplear medios apropiados para evitar la interferencia con los canales de socorro y seguridad y los canales que afectan la seguridad de la navegación marítima internacional;
- 4 que las disposiciones provisionales mencionadas en los *recomienda* 2 y 3 no impidan la aplicación de la solución a largo plazo aconsejada por los estudios en curso, que podría consistir en el empleo de tecnologías avanzadas y de una disposición de canales de anchura de banda distinta de 12,5 kHz;
- 5 que las disposiciones provisionales mencionadas en los *recomienda* 2 y 3 no impidan la aplicación por la comunidad internacional de un único sistema internacional para comunicaciones de socorro y seguridad a largo plazo;
- 6 que las administraciones que intentan resolver los problemas actuales de congestión mediante la utilización de canales de banda estrecha consideren el Anexo 2 como una guía para la transición de los canales de 25 kHz a bandas más estrechas;
- 7 que las administraciones que intentan resolver los problemas actuales de congestión mediante la utilización de canales de banda estrecha empleen equipos conformes a los parámetros técnicos que figuran en el Anexo 1, teniendo en cuenta a la vez las disposiciones del Apéndice 18 al RR;
- 8 que las administraciones que pongan en servicio canales de banda estrecha entrelazados con separación entre canales desplazados en 12,5 kHz como medida provisional consideren el Anexo 3 como un ejemplo de posible método de aplicación (existen otros ejemplos de posibles métodos de aplicación de los descritos en el Anexo 3);
- 9 que las administraciones que pongan en servicio canales de banda estrecha de 12,5 kHz consideren el Anexo 4 para la numeración de los nuevos canales;
- 10 que las administraciones que establezcan el funcionamiento en una sola frecuencia de canales de dos frecuencias tengan en cuenta el § 3 del Anexo 4 para la numeración de los canales;
- 11 que las administraciones velen, en la medida de lo posible, por la aplicación de las últimas técnicas digitales o de banda estrecha para satisfacer futuros requisitos de funcionamiento y lograr la utilización eficaz de la banda 156-174 MHz.

Anexo 1

Características técnicas de los equipos diseñados para funcionar en canales separados en 12,5 kHz

La utilización de equipos que aplican esos parámetros (véase la Nota 1) sólo estará de acuerdo con las disposiciones del Apéndice 18 al RR:

- la tolerancia de frecuencia para transmisores de estaciones costera y de barco no debe ser superior a 5×10^{-6} ;
- la desviación de frecuencia no debe ser superior a $\pm 2,5$ kHz.

NOTA 1 – Para información: otras características están basadas en la Norma Europea de Telecomunicaciones (ETS) 301 925 publicada por el Instituto Europeo de Normas de Telecomunicaciones (ETSI).

Anexo 2

Evolución hacia canales de banda estrecha en el servicio móvil marítimo

1 Introducción

El presente Anexo considera la forma en que en el futuro el servicio móvil marítimo puede pasar a una separación de canales de banda estrecha de 5 kHz o 6,25 kHz, utilizando modulación lineal o digital. Se considera la migración a partir de una separación entre canales de 25 kHz, como la utilizada actualmente, y a partir de una separación de 12,5 kHz para tener en cuenta el hecho de que algunas administraciones han utilizado esta separación entre canales como medida provisional.

2 Consecuencias de la evolución hacia canales de banda estrecha

2.1 Transición

El método más práctico y menos traumático para pasar de una separación de 25 kHz o 12,5 kHz a otra separación de 5 kHz o 6,25 kHz sería entrelazando los canales de banda estrecha con los de banda más ancha y en todo los casos puede utilizarse una técnica similar. Sin embargo, debido a que las técnicas de modulación lineal y digital que utilizan separaciones de 5 kHz y/o 6,25 kHz son incompatibles con los actuales equipos de MF, durante el periodo de transición sería necesario utilizar modo doble o equipos adicionales.

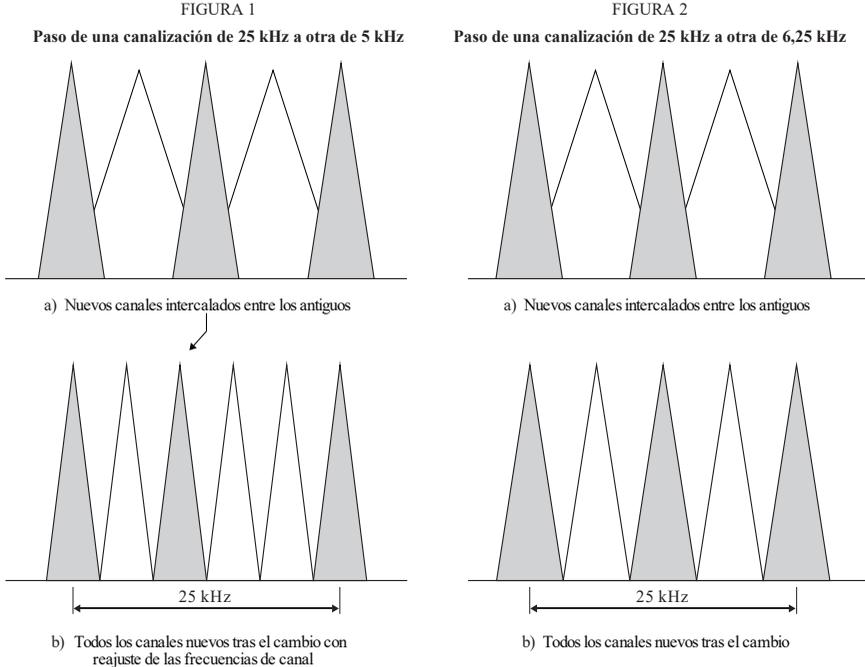
2.2 Entrelazado

2.2.1 Entrelazado con canales de 25 kHz

En las Figs. 1 y 2 se representa la forma en que pueden entrelazarse los canales de 5 kHz y 6,25 kHz con los canales existentes de 25 kHz. Durante el periodo de cambio, será necesario que los barcos y las estaciones costeras incorporen equipos de banda estrecha y vayan utilizando los nuevos canales de banda estrecha a medida que estén disponibles. El número de nuevos canales de banda estrecha aumentará gradualmente durante el periodo de transición, disminuyendo de la forma correspondiente el número disponible de canales de 25 kHz.

En una fecha especificada todos los canales restantes de 25 kHz deben suprimirse para ser sustituidos por los nuevos.

La transición a partir de canales de 25 kHz es bastante directa pero es probable que sea necesario efectuar algún reajuste de los canales o de los bordes de la banda.



2.2.2 Entrelazado con canales de 12,5 kHz

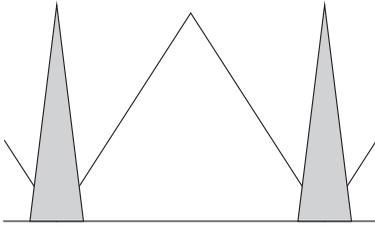
Las Figs. 3 y 4 demuestran que el principio para el entrelazado de canales de 5 kHz o de 6,25 kHz con los canales provisionales de 12,5 kHz es exactamente el mismo que en el caso de canales de 25 kHz. No obstante, la transición final es más complicada en el caso de 5 kHz puesto que el canal entrelazado inicialmente en el centro de la banda de 25 kHz debería desplazarse en 2,5 kHz.

2.2.3 Entrelazado con canales de 25 kHz y 12,5 kHz

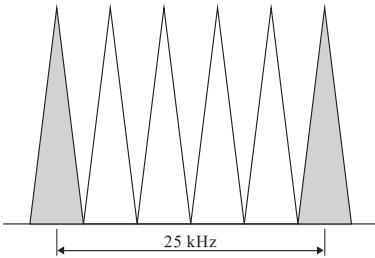
En las administraciones que han introducido como separación entre canales el valor de 12,5 kHz como medida provisional y estos canales de 12,5 kHz se entrelazaron con los de 25 kHz, la futura transición a canales de 5 kHz o de 6,25 kHz será bastante más complicada. Como se representa en la Fig. 5, los canales de 5 kHz o de 6,25 kHz se superpondrán a uno o a otro de los canales de mayor anchura de banda.

FIGURA 3

Paso de una canalización de 12,5 kHz a otra de 5 kHz



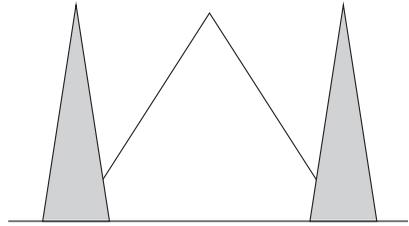
a) Nuevos canales intercalados entre los antiguos



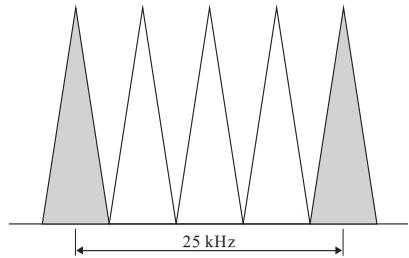
b) Todos los canales nuevos tras el cambio con reajuste de las frecuencias de canal

FIGURA 4

Paso de una canalización de 12,5 kHz a otra de 6,25 kHz



a) Nuevos canales intercalados entre los antiguos

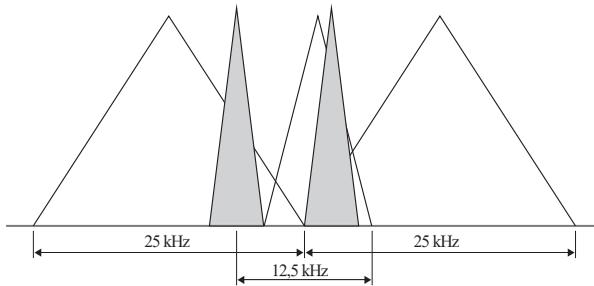


b) Todos los canales nuevos tras el cambio

M 1084-0

FIGURA 5

La inserción de un nuevo canal, de 5 kHz o de 6,25 kHz, en la parte superior de los canales de 12,5 kHz ya entrelazados entre los de 25 kHz, aumenta la superposición de las transmisiones. Se muestran dos casos alternativos



M.1084-05

3 Interferencia

El proceso de entrelazado debe realizarse de forma que se reduzca al mínimo la interferencia mutua. Se han realizado algunas mediciones sobre las características de la interferencia y la calidad de funcionamiento cocanal entre la modulación lineal entrelazada y un sistema MF de 12,5 kHz. No existe ninguna publicación similar para las señales vocales digitales en banda estrecha. Sin embargo, es razonable suponer que el entrelazado de canales de 5 kHz o 6,25 kHz entre los canales de 25 kHz dará lugar a una menor interferencia y a una mejor calidad de funcionamiento cocanal que si dicho entrelazado es entre canales de 12,5 kHz.

4 Conclusiones

La transición a canales de 5 kHz o a canales de 6,25 kHz es similar. No obstante, una transición directa a partir de canales de 25 kHz en vez de a través del paso intermedio de los canales de 12,5 kHz es más sencillo puesto que:

- exige una menor planificación de canales y un menor reajuste de las frecuencias centrales;
- impide la superposición de canales si, como medida provisional, se hubiesen entrelazado los canales de 12,5 kHz con los de 25 kHz;
- probablemente sería menor la posible interferencia.

Evidentemente, el entrelazado de canales deberá planificarse cuidadosamente y será muy importante la utilización de instrumentos de planificación de frecuencias. Serán necesarios más estudios y medidas prácticas para obtener la información necesaria.

Anexo 3

Ejemplo de método para efectuar el intercalado de canales de banda estrecha con separación entre canales desplazados en 12,5 kHz

Este método puede utilizarse cuando se incluye el funcionamiento en 12,5 kHz junto con la llamada selectiva digital (LLSD) (véase la Nota 1) y el funcionamiento en 25 kHz en un solo equipo.

NOTA 1 – La LLSD se ajusta plenamente en esta realización a las Recomendaciones UIT-R M.493, UIT-R M.541, UIT-R M.821 y UIT-R M.825.

1 Calidad de funcionamiento del receptor

1.1 La sensibilidad debe ser igual o inferior a 0,3 μ V para una relación señal + ruido + distorsión/ruido + distorsión (SINAD) de 12 dB en la salida del receptor con un tono de modulación de frecuencia de banda estrecha (MFBE) de 1 kHz y una desviación de cresta de 2 kHz.

1.2 El rechazo del canal adyacente debe ser por lo menos de 70 dB para un canal adyacente separado en 12,5 kHz.

1.3 La respuesta no esencial y la relación de rechazo fuera de banda debe ser de por lo menos 75 dB.

- 1.4** La relación de rechazo de intermodulación de la frecuencia radioeléctrica debe ser de por lo menos 75 dB.
- 1.5** La potencia de cualquier emisión no esencial por conducción, medida en los terminales de antena, no debe exceder de 2,0 nW en ninguna frecuencia discreta.
- 1.6** La potencia radiada aparente (p.r.a.) de cualquier emisión no esencial radiada en el bastidor del equipo para cualquier frecuencia de hasta ± 70 MHz con respecto a la portadora no debe exceder de 10 nW. Si la frecuencia dista más de 70 MHz de la portadora, las emisiones no esenciales no deben exceder 10 nW más un valor adicional de -6 dB/octava para frecuencias de hasta 1 000 MHz.
- 1.7** Para receptores con LLSD y capacidad de modulación de frecuencia de envolvente constante de cuatro niveles (C4FM). (La modulación digital C4FM es compatible en esta realización con la modulación de manipulación por desplazamiento de fase cuaternaria coherente (CQPSK, *compatible quadrature phase-shift key*) tanto para la transmisión como para la recepción.)
- 1.7.1** Para la LLSD en canales de 25 kHz, el receptor debe alcanzar una recepción sin error de cualquier paquete de datos de LLSD en 0,3 μ V.
- 1.7.2** Para la LLSD en canales entrelazados (desplazamiento de 12,5 kHz), el receptor debe alcanzar una recepción sin error de un paquete de datos de LLSD en 0,3 μ V con una desviación máxima reducida de $\pm 2,5$ kHz.
- 1.7.3** Para la C4FM en 9 600 bit/s, el receptor debe alcanzar una recepción sin error de un paquete de datos de 512 caracteres en 0,5 μ V. Para lograr la recepción sin error puede aplicarse la corrección de errores en recepción sin canal de retorno (FEC).

2 Calidad de funcionamiento del transmisor

- 2.1** La tolerancia de frecuencia de los transmisores de estaciones costeras no debe exceder de 1×10^{-6} y la de las transmisiones en estaciones de barco no debe exceder de 5×10^{-6} .
- 2.2** Las emisiones no esenciales en frecuencias discretas, cuando están medidas en una carga no reactiva igual a la impedancia de salida nominal del transmisor, deben ajustarse a las disposiciones del Apéndice 3 al RR.
- 2.3** La potencia de la portadora de los transmisores de estaciones costeras no debe exceder normalmente de 50 W (p.r.a.).
- 2.4** La potencia de la portadora de los transmisores de estaciones de barco no debe exceder de 25 W y se deben proporcionar los medios necesarios para reducir fácilmente esta potencia a 1 W o menos para distancias cortas.
- 2.5** La desviación de frecuencia no debe exceder de $\pm 2,5$ kHz cuando se transmite por canales de 12,5 kHz de MFBE. La anchura de banda ocupada en estos canales no debe exceder de 11 kHz. Se deben utilizar circuitos limitadores de la desviación de modo que la desviación de frecuencia máxima alcanzable sea independiente de la frecuencia de la señal audio de entrada. Si se emplea un conmutador de modulación, se debe permitir una desviación de ± 5 kHz en los canales de 25 kHz de modulación de frecuencia de banda ancha (MFBA).
- 2.6** El límite superior de la banda de frecuencia de audio no debe exceder de 3 kHz.
- 2.7** La potencia radiada del bastidor del equipo no debe exceder de 25 μ W.
- 2.8** Las transmisiones vocales deben efectuarse por medio de la banda marítima MF de ondas métricas corriente con una preacentuación de 6 dB/octava. Esto es necesario para garantizar comunicaciones fiables, seguras y de interfuncionamiento en alta mar y en rutas acuáticas.

2.9 Para transmisores con LLS D y capacidad de C4FM

2.9.1 Los transmisores con capacidad de LLS D deben cumplir los requisitos de las Recomendaciones UIT-R M.493, UIT-R M.541 e IMO A.803 (19) con las enmiendas introducidas por MSC.68(68) como mínimo. Las estaciones deben disponer de los medios necesarios para supervisar el canal de ondas métricas utilizado para LLS D a fin de determinar la presencia de una señal y, con excepción de las llamadas de socorro y seguridad, suministrar los medios necesarios para evitar automáticamente la transmisión de una LLS D hasta que el canal esté libre.

2.9.2 Debe utilizarse la LLS D (1 200 bit/s) siempre que se opere en el canal 70. No se debe utilizar el canal 70 como un canal de servicio para cualquier finalidad. Debe reservarse como canal de socorro y de llamadas internacionales. La transmisión de datos para todas las demás finalidades, tales como mensajería de datos, vigilancia de la seguridad, seguimiento de barcos y vigilancia dependiente automática debe efectuarse por otro canal de servicio.

2.9.3 La transmisión de datos con una finalidad general ha de hacerse por canales de 25 kHz de banda ancha y por canales entrelazados de banda estrecha (desplazamiento de 12,5 kHz) y ha de utilizarse el protocolo de LLS D tanto como sea posible. Cuando así haga falta, se elaborarán mejoras al protocolo de LLS D y se coordinarán para mantener el control reglamentario y, de esta manera, garantizar el interfuncionamiento entre equipos de diversos fabricantes.

2.9.4 La LLS D (1 200 bit/s) en canales intercalados de banda estrecha (12,5 kHz de desplazamiento) debe tener una desviación máxima reducida de $\pm 2,5$ kHz.

2.9.5 Las transmisiones de datos de alta velocidad (9 600 bit/s) deben efectuarse con C4FM con conformación de filtro de banda de base.

2.9.5.1 C4FM en canales con desplazamiento de 12,5 kHz

El modulador C4FM consiste en un filtro en coseno elevado de Nyquist, conectado en cascada con un filtro de conformación y con un modulador de frecuencia.

2.9.5.2 Filtro de Nyquist C4FM

Los díbits de información (es decir, 4 800 símbolos/s) se filtran con un filtro en coseno elevado que satisface los criterios Nyquist reduciendo al mínimo la interferencia entre símbolos. El retardo de grupo del filtro es uniforme en la banda de paso para $|f| < 2\ 880$ Hz. La respuesta de magnitud del filtro es:

Aproximadamente 1	para	$ f < 1\ 920$ Hz
$0,5 + 0,5 \cos(2\pi f / 1\ 920)$	para	$1\ 920$ Hz $< f < 2\ 880$ Hz
0	para	$ f \geq 2\ 880$ Hz.

2.9.5.3 Filtro de conformación C4FM

El filtro de conformación tiene un retardo de grupo uniforme en todo el paso de banda para $|f| < 2\ 880$ Hz. La respuesta de magnitud del filtro para $|f| < 2\ 880$ Hz es $(\pi f / 4\ 800) / \sin(\pi f / 4\ 800)$.

2.9.5.4 Modulador de C4FM

La desviación es de +1,8 kHz para díbit 01, +0,6 kHz para díbit 00, -0,6 kHz para díbit 10, y -1,8 kHz para díbit 11.

Anexo 4

Asignación de números de canal a canales entrelazados y funcionamiento símplex de canales dúplex en la banda marítima de ondas métricas

1 Para asignaciones de número de canal a canales de banda estrecha entrelazados con desplazamiento de 12,5 kHz:

NÚMERO DEL CANAL		ESTACIÓN DE BARCO	ESTACIÓN DE BARCO Y ESTACIÓN COSTERA	ESTACIÓN COSTERA
Primer canal de 25 kHz	Canal de 12,5 kHz entrelazado	Segundo canal de 25 kHz		
		60	156,025	160,625
	260		156,0375	160,6375
01			156,050	160,650
	201		156,0625	160,6625
		61	156,075	160,675
	261		156,0875	160,6875
02			156,100	160,700
	202		156,1125	160,7125
		62	156,125	160,725
	262		156,1375	160,7375
03			156,150	160,750
	203		156,1625	160,7625
		63	156,175	160,775
	263		156,1875	160,7875
04			156,200	160,800
	204		156,2125	160,8125
		64	156,225	160,825
	264		156,2375	160,8375
05			156,250	160,850
	205		156,2625	160,8625
		65	156,275	160,875
	265		156,2875	160,8875
06				156,300
	206		156,3125	160,9125
		66	156,325	160,925
	266		156,3375	160,9375
07			156,350	160,950
	207		156,3625	160,9625
		67		156,375
	267			156,3875
08				156,400
	208			156,4125
		68		156,425
	268			156,4375

Primer canal de 25 kHz	NÚMERO DEL CANAL		ESTACIÓN DE BARCO	ESTACIÓN DE BARCO Y ESTACIÓN COSTERA	ESTACIÓN COSTERA
	Canal de 12,5 kHz entrelazado	Segundo canal de 25 kHz			
09				156,450	
	209			156,4625	
		69		156,475	
10	269			156,4875	
				156,500	
	210			156,5125	Banda de guarda de LLSD
11		70		156,525	Llamada, socorro y seguridad de LLSD
	270			156,5375	Banda de guarda de LLSD
				156,550	
12	211			156,5625	
		71		156,575	
	271			156,5875	
13				156,600	
	212			156,6125	
		72		156,625	
14	272			156,6375	
				156,650	
	213			156,6625	
15		73		156,675	
	273			156,6875	
				156,700	
16	214			156,7125	
		74		156,725	
	274			156,7375	
17				156,750	
	215			156,7625	
		75		156,775	Banda de guarda
18	275			156,7875	Banda de guarda
				156,800	Llamada, socorro y seguridad
	216			156,8125	Banda de guarda
19		76		156,825	Banda de guarda
	276			156,8375	
				156,850	
20	217			156,8625	
		77		156,875	
	277			156,8875	
21			156,900		161,500
	218		156,9125		161,5125
		78	156,925		161,525
22	278		156,9375		161,5375
			156,950		161,550
	219		156,9625		161,5625

NÚMERO DEL CANAL		ESTACIÓN DE BARCO	ESTACIÓN DE BARCO Y ESTACIÓN COSTERA	ESTACIÓN COSTERA
Primer canal de 25 kHz	Canal de 12,5 kHz entrelazado	Segundo canal de 25 kHz		
		79	156,975	161,575
	279		156,9875	161,5875
20			157,000	161,600
	220		157,0125	161,6125
		80	157,025	161,625
	280		157,0375	161,6375
21			157,050	161,650
	221		157,0625	161,6625
		81	157,075	161,675
	281		157,0875	161,6875
22			157,100	161,700
	222		157,1125	161,7125
		82	157,125	161,725
	282		157,1375	161,7375
23			157,150	161,750
	223		157,1625	161,7625
		83	157,175	161,775
	283		157,1875	161,7875
24			157,200	161,800
	224		157,2125	161,8125
		84	157,225	161,825
	284		157,2375	161,8375
25			157,250	161,850
	225		157,2625	161,8625
		85	157,275	161,875
	285		157,2875	161,8875
26			157,300	161,900
	226		157,3125	161,9125
		86	157,325	161,925
	286		157,3375	161,9375
27			157,350	161,950
	227		157,3625	161,9625
		87	157,375	161,975
	287		158,3875	161,9875
28			157,400	162,000
	228		157,4125	162,0125
		88	157,425	162,025

2 Ampliación de las asignaciones de número de canal para pasar a una separación entre canales de 6,25 kHz a partir de la separación entre canales de 25 kHz existente con canales con desplazamiento de 12,5 kHz entrelazados. (Esta secuencia de numeración de canal es un ejemplo.)

	NÚMERO DEL CANAL (separación de 6,25 kHz)	ESTACIÓN DE BARCO	ESTACIÓN DE BARCO Y ESTACIÓN COSTERA	ESTACIÓN COSTERA
	60	156,025		160,625
	160	156,03125		160,63125
	260	156,0375		160,6375
	360	156,04375		160,64375
01		156,050		160,650
	101	156,05625		160,65625
	201	156,0625		160,6625
	301	156,06875		160,66875
	61	156,075		160,675

3 Para asignaciones de número de canal para funcionamiento simplex de canales dúplex. (Esta secuencia de numeración de canal se indica a título de ejemplo.)

	NÚMERO DEL CANAL	ESTACIÓN DE BARCO	ESTACIÓN DE BARCO Y ESTACIÓN COSTERA	ESTACIÓN COSTERA
Para el funcionamiento dúplex normal:				
	60	156,025	–	160,625
Para el funcionamiento simplex de frecuencias de estaciones de barco:				
	1 060 (véase la Nota 1)	–	156,025	–
Para el funcionamiento simplex de frecuencias de estaciones costeras:				
	2 060 (véase la Nota 1)	–	160,625	–

NOTA 1 – Este método de numeración de un canal dúplex utilizado para el funcionamiento simplex está en conformidad con la Recomendación UIT-R M.493.

4 Para asignaciones por número de canal y funcionamientos en banda estrecha (12,5 kHz) en canales de 25 kHz. A modo de ejemplo se proporciona la siguiente referencia de números:

	NÚMERO DEL CANAL	ESTACIÓN DE BARCO	ESTACIÓN DE BARCO Y ESTACIÓN COSTERA	ESTACIÓN COSTERA
Para funcionamiento de canal normal:				
	60	156,025	–	160,625
Para funcionamiento a 12,5 kHz en canal de 25 kHz:				
	460	156,025	–	160,625

RECOMENDACIÓN UIT-R SM.1138-3

Determinación de las anchuras de banda necesarias, con inclusión de ejemplos de cálculo de las mismas y ejemplos conexos de denominación de emisiones

(1995-2007-2008-2019)

Cometido

La presente Recomendación sirve de base para determinar la anchura de banda necesaria de emisiones moduladas en amplitud, frecuencia e impulsos mediante diversos tipos de señales. Figuran también ejemplos de cálculo y denominación de emisiones.

Palabras clave

Anchura de banda necesaria, cálculo, sistema de gestión automática del espectro

La Asamblea de Radiocomunicaciones de la UIT,

considerando

a) que al asignar frecuencias es preciso determinar la anchura de banda necesaria de las emisiones;

b) que la anchura de banda necesaria es un dato esencial para todo sistema de gestión automática del espectro,

recomienda

que, cuando sea requerido por el Reglamento de Radiocomunicaciones (RR), se utilicen las fórmulas y los ejemplos de emisiones que figuran en el Anexo 1.

Anexo 1

Determinación de las anchuras de banda necesarias, con inclusión de ejemplos de cálculo de las mismas y ejemplos conexos de denominación de emisiones

1 La anchura de banda necesaria no es la única característica de una emisión que se ha de considerar al evaluar la interferencia que puede ser causada por esa emisión.

2 En la redacción del cuadro se ha empleado la siguiente notación:

B_n : anchura de banda necesaria (Hz)

B : velocidad de modulación (Bd)

N : máximo número posible de elementos negros más blancos que han de transmitirse por segundo, cuando se trata de facsimil

M : máxima frecuencia de modulación (Hz)

C : frecuencia de la subportadora (Hz)

D : excursión de frecuencia de cresta, es decir, mitad de la diferencia entre los valores máximo y mínimo de la frecuencia instantánea. La frecuencia instantánea (Hz) es la velocidad de variación de la fase (rad), dividida por 2π

t : duración del impulso (s), entre los puntos de amplitud mitad

t_r : tiempo de subida del impulso (s), comprendido entre el 10% y el 90% de la amplitud

K : factor numérico general que varía según la emisión y que depende de la distorsión admisible de la señal. En el caso de una señal multiportadora multiplexada por división de frecuencia ortogonal, K es el número de subportadoras activas definido por la ecuación (52) de la Recomendación UIT-R SM.328

N_c : número de canales de la banda de base en los sistemas radioeléctricos que emplean multiplexión multicanal

f_p : frecuencia de la subportadora piloto de continuidad (Hz) (señal continua utilizada para comprobar el funcionamiento de los sistemas de multiplexión por distribución de frecuencia)

N_s : separación de frecuencias entre dos subportadoras (kHz).

Descripción de la emisión	Anchura de banda necesaria		Denominación de la emisión
	Fórmula	Ejemplo de cálculo	
I. AUSENCIA DE TODA MODULACIÓN			
Emisión de onda continua	-	-	Ninguna
II. MODULACIÓN DE AMPLITUD			
1. Señal con información cuantificada o digital			
Telegrafía por onda continua, código Morse	$B_n = BK$ $K = 5$ para los circuitos con desvanecimiento $K = 3$ para los circuitos sin desvanecimiento	25 palabras por minuto $B = 20$, $K = 5$ Anchura de banda: 100 Hz	100H1AAN
Telegrafía con manipulación por interrupción (señal o nada) de una portadora modulada por una audiofrecuencia, código Morse	$B_n = BK + 2M$ $K = 5$ para los circuitos con desvanecimiento $K = 3$ para los circuitos sin desvanecimiento	25 palabras por minuto $B = 20$, $M = 1\ 000$, $K = 5$ Anchura de banda: 2 100 Hz = 2,1 kHz	2K10A2AAN
Señal de llamada selectiva que utiliza un código secuencial de una sola frecuencia, banda lateral única y portadora completa	$B_n = M$	La frecuencia máxima de código es: 2 110 Hz $M = 2\ 110$ Anchura de banda: 2 110 Hz = 2,11 kHz	2K11H2BFN
Telegrafía de impresión directa que utiliza una subportadora de modulación por desplazamiento de frecuencia con corrección de errores, banda lateral única y portadora suprimida (un solo canal)	$B_n = 2M + 2DK$ $M = \frac{B}{2}$	$B = 50$ $D = 35$ Hz (desplazamiento de 70 Hz) $K = 1,2$ Anchura de banda: 134 Hz	134HJ2BCN
Telegrafía, multicanal de frecuencia vocal, corrección de errores, algunos canales son multiplexados por división en el tiempo, banda lateral única, portadora reducida	$B_n =$ frecuencia central más alta + $M + DK$ $M = \frac{B}{2}$	15 canales; la frecuencia central más alta es 2 805 Hz $B = 100$ $D = 42,5$ Hz (desplazamiento de 85 Hz) $K = 0,7$ Anchura de banda: 2 885 Hz = 2,885 kHz	2K89R7BCW

Descripción de la emisión	Anchura de banda necesaria		Denominación de la emisión
	Fórmula	Ejemplo de cálculo	
2. Telefonía (calidad comercial)			
Telefonía de doble banda lateral (un solo canal)	$B_n = 2M$	$M = 3\ 000$ Anchura de banda: 6 000 Hz = 6 kHz	6K00A3EJN
Telefonía de banda lateral única, portadora completa (un solo canal)	$B_n = M$	$M = 3\ 000$ Anchura de banda: 3 000 Hz = 3 kHz	3K00H3EJN
Telefonía de banda lateral única con portadora suprimida (un solo canal)	$B_n = M$ – frecuencia de modulación más baja	$M = 3\ 000$ frecuencia de modulación más baja = 300 Hz Anchura de banda: 2 700 Hz = 2,7 kHz	2K70J3EJN
Telefonía con señal separada modulada en frecuencia para controlar el nivel de la señal vocal demodulada, con banda lateral única y portadora reducida (Lincompex) (un solo canal)	$B_n = M$	La frecuencia máxima de control es 2 990 Hz $M = 2\ 990$ Anchura de banda: 2 990 Hz = 2,99 kHz	2K99R3ELN
Telefonía con secreto de las comunicaciones, banda lateral única y portadora suprimida (dos o más canales)	$B_n = N_c M$ – frecuencia de modulación más baja en el canal inferior	$N_c = 2$ $M = 3\ 000$ La frecuencia de modulación más baja es 250 Hz Anchura de banda: 5 750 Hz = 5,75 kHz	5K75J8EKF
Telefonía de bandas laterales independientes (dos o más canales)	$B_n =$ suma de M para cada banda lateral	2 canales $M = 3\ 000$ Anchura de banda: 6 000 Hz = 6 kHz	6K00B8EJN
3. Radiodifusión sonora			
Radiodifusión sonora de doble banda lateral	$B_n = 2M$ M puede variar entre 4 000 y 10 000, según la calidad deseada	Palabra y música, $M = 4\ 000$ Anchura de banda: 8 000 Hz = 8 kHz	8K00A3EGN
Radiodifusión sonora de banda lateral única con portadora reducida (un solo canal)	$B_n = M$ M puede variar entre 4 000 y 10 000, según la calidad deseada	Palabra y música, $M = 4\ 000$ Anchura de banda: 4 000 Hz = 4 kHz	4K00R3EGN
Radiodifusión sonora de banda lateral única con portadora suprimida	$B_n = M$ – frecuencia de modulación más baja	Palabra y música, $M = 4\ 500$ frecuencia de modulación más baja = 50 Hz Anchura de banda: 4 450 Hz = 4,45 kHz	4K45J3EGN
4. Televisión			
Televisión, imagen y sonido	Para las anchuras de banda comúnmente empleadas en los sistemas de televisión, véanse los documentos correspondientes del UIT-R	Número de líneas: 625 Anchura nominal de la banda de vídeo = 5 MHz Separación de la portadora de sonido respecto de la portadora de imagen: 5,5 MHz Anchura total de la banda de vídeo: 6,25 MHz Anchura de banda del canal de sonido, modulado en frecuencia, incluidas las bandas de guarda: 750 kHz Anchura de banda del canal de radiofrecuencia: 7 MHz	6M25C3F -- 750KF3EGN

Descripción de la emisión	Anchura de banda necesaria		Denominación de la emisión
	Fórmula	Ejemplo de cálculo	
5. Facsímil			
Facsímil analógico con modulación de frecuencia de la subportadora de una emisión de banda lateral única con portadora reducida, blanco y negro	$B_n = C + \frac{N}{2} + DK$ $K = 1,1$ (valor típico)	$N = 1\ 100$ correspondiente a un índice de cooperación de 352 y a una velocidad de rotación de tambor de 60 rpm. El índice de cooperación es el producto del diámetro del tambor y el número de líneas por unidad de longitud. $C = 1\ 900$ $D = 400$ Hz Anchura de banda: 2 890 Hz = 2,89 kHz	2K89R3CMN
Facsímil analógico; modulación de frecuencia de una subportadora de audiofrecuencia que modula la portadora principal con banda lateral única y portadora suprimida	$B_n = 2M + 2DK$ $M = \frac{N}{2}$ $K = 1,1$ (valor típico)	$N = 1\ 100$ $D = 400$ Hz Anchura de banda: 1 980 Hz = 1,98 kHz	1K98J3C --
6. Emisiones compuestas			
Sistema de radioenlaces de televisión, de doble banda lateral	$B_n = 2C + 2M + 2D$	Frecuencias de vídeo limitadas a 5 MHz, sonido en subportadora de 6,5 MHz, modulada en frecuencia con excursión de 50 kHz: $C = 6,5 \times 10^6$ $D = 50 \times 10^3$ Hz $M = 15\ 000$ Anchura de banda: $13,13 \times 10^6$ Hz = 13,13 MHz	13M1A8W --
Sistema de radioenlaces de doble banda lateral; multiplexaje por división de frecuencia	$B_n = 2M$	10 canales telefónicos que ocupan la banda de base 1-164 kHz $M = 164\ 000$ Anchura de banda: 328 000 Hz = 328 kHz	328KA8E --
Emisión de doble banda lateral de VOR con telefonía (VOR = radiofaro omnidireccional en ondas métricas)	$B_n = 2C_{\max} + 2M + 2DK$ $K = 1$ (valor típico)	La portadora principal está modulada por: <ul style="list-style-type: none"> – una subportadora de 30 Hz – una portadora que resulta de una frecuencia de tono de 9 960 Hz modulada por un tono de 30 Hz – un canal telefónico – un tono de manipulación de 1 020 Hz para identificación Morse continua $C_{\max} = 9\ 960$ $M = 30$ $D = 480$ Hz Anchura de banda: 20 940 Hz = 20,94 kHz	20K9A9WWF
Bandas laterales independientes; varios canales telegráficos con corrección de errores junto con varios canales telefónicos con secreto de las comunicaciones; múltiplex por división de frecuencia	$B_n =$ suma de M para cada banda lateral	Normalmente los sistemas complejos se explotan de conformidad con disposiciones normalizadas de canales (por ejemplo la Rec. UIT-R F.348). 3 canales telefónicos y 15 canales telegráficos necesitan una anchura de banda de: 12 000 Hz = 12 kHz	12K0B9WWF

Descripción de la emisión	Anchura de banda necesaria		Denominación de la emisión
	Fórmula	Ejemplo de cálculo	
7. Frecuencia patrón y señales horarias			
7.1 Alta frecuencia (voz)			
Anuncios de voz, doble banda lateral	$B_n = 2M$	Voz $M = 4\ 000$ Anchura de banda: 8 000 Hz = 8 kHz	8K00A3XGN
7.2 Alta frecuencia (codificación de tiempo)			
Código de tiempo, como en la telegrafía	$B_n = BK + 2M$	$B = 1/s$ $M = 1$ $K = 5$ Anchura de banda: 7 Hz	7H00A2XAN
7.3 Baja frecuencia (código de tiempo)			
Código de tiempo, como en la telegrafía	$B_n = BK + 2M$	$B = 1/s$ $M = 1$ $K = 3$ Anchura de banda: 5 Hz	5H00A2XAN
III-A. MODULACIÓN DE FRECUENCIA			
1. Señal con información cuantificada o digital			
Telegrafía sin corrección de errores (un solo canal)	$B_n = 2M + 2DK$ $M = \frac{B}{2}$ $K = 1,2$ (valor típico)	$B = 100$ $D = 85$ Hz (desplazamiento de 170 Hz) Anchura de banda: 304 Hz	304HF1BBN
Telegrafía de impresión directa de banda estrecha con corrección de errores (un solo canal)	$B_n = 2M + 2DK$ $M = \frac{B}{2}$ $K = 1,2$ (valor típico)	$B = 100$ $D = 85$ Hz (desplazamiento de 170 Hz) Anchura de banda: 304 Hz	304HF1BCN
Señal de llamada selectiva	$B_n = 2M + 2DK$ $M = \frac{B}{2}$ $K = 1,2$ (valor típico)	$B = 100$ $D = 85$ Hz (desplazamiento de 170 Hz) Anchura de banda: 304 Hz	304HF1BCN
Telegrafía dúplex de cuatro frecuencias	$B_n = 2M + 2DK$ $B =$ velocidad de modulación (Bd) del canal más rápido. Si los canales están sincronizados: $M = \frac{B}{2}$ (de lo contrario, $M = 2B$) $K = 1,1$ (valor típico)	Separación entre frecuencias adyacentes = 400 Hz Canales sincronizados $B = 100$ $M = 50$ $D = 600$ Hz Anchura de banda: 1 420 Hz = 1,42 kHz	1K42F7BDX
2. Telefonía (calidad comercial)			
Telefonía comercial	$B_n = 2M + 2DK$ $K = 1$ (valor típico, pero en ciertos casos puede ser necesario emplear valores de K más elevados)	Para un caso medio de telefonía comercial, $D = 5\ 000$ Hz $M = 3\ 000$ Anchura de banda: 16 000 Hz = 16 kHz	16K0F3EJN
3. Radiodifusión sonora			
Radiodifusión sonora	$B_n = 2M + 2DK$ $K = 1$ (valor típico)	Monoaural $D = 75\ 000$ Hz $M = 15\ 000$ Anchura de banda: 180 000 Hz = 180 kHz	180KF3EGN

Descripción de la emisión	Anchura de banda necesaria		Denominación de la emisión
	Fórmula	Ejemplo de cálculo	
4. Facsímil			
Facsímil por modulación directa en frecuencia de la portadora; blanco y negro	$B_n = 2M + 2DK$ $M = \frac{N}{2}$ $K = 1,1$ (valor típico)	$N = 1\ 100$ elementos/s $D = 400$ Hz Anchura de banda: $1\ 980$ Hz = $1,98$ kHz	1K98F1C --
Facsímil analógico	$B_n = 2M + 2DK$ $M = \frac{N}{2}$ $K = 1,1$ (valor típico)	$N = 1\ 100$ elementos/s $D = 400$ Hz Anchura de banda: $1\ 980$ Hz = $1,98$ kHz	1K98F3C --
5. Emisiones compuestas (véase el Cuadro III-B)			
Sistema de radioenlaces; múltiplex por división de frecuencia	$B_n = 2f_p + 2DK$ $K = 1$ (valor típico)	60 canales telefónicos que ocupan la banda de base de 60-300 kHz; excursión eficaz por canal: 200 kHz; la frecuencia piloto de continuidad en 331 kHz produce una excursión eficaz de la portadora principal de 100 kHz $D = 200 \times 10^3 \times 3,76 \times 2,02$ $= 1,52 \times 10^6$ Hz $f_p = 0,331 \times 10^6$ Hz Anchura de banda: $3,702 \times 10^6$ Hz $= 3,702$ MHz	3M70F8EJF
Sistema de radioenlaces; múltiplex por división de frecuencia	$B_n = 2M + 2DK$ $K = 1$ (valor típico)	960 canales telefónicos que ocupan la banda de base de 60-4 028 kHz; excursión eficaz por canal: 200 kHz; la frecuencia piloto de continuidad en 4 715 kHz produce una excursión eficaz de la portadora principal de 140 kHz. $D = 200 \times 10^3 \times 3,76 \times 5,5$ $= 4,13 \times 10^6$ Hz $M = 4,028 \times 10^6$ $f_p = 4,715 \times 10^6$ $(2M + 2DK) > 2f_p$ Anchura de banda: $16,32 \times 10^6$ Hz $= 16,32$ MHz	16M3F8EJF
Sistema de radioenlaces; múltiplex por división de frecuencia	$B_n = 2f_p$	600 canales telefónicos que ocupan la banda de base de 60-2 540 kHz; excursión eficaz por canal: 200 kHz; la frecuencia piloto de continuidad en 8 500 kHz produce una excursión eficaz de la portadora principal de 140 kHz. $D = 200 \times 10^3 \times 3,76 \times 4,36$ $= 3,28 \times 10^6$ Hz $M = 2,54 \times 10^6$ $K = 1$ $f_p = 8,5 \times 10^6$ $(2M + 2DK) < 2f_p$ Anchura de banda: 17×10^6 Hz = 17 MHz	17M0F8EJF
Radiodifusión sonora estereofónica con subportadora secundaria de telefonía multiplexada	$B_n = 2M + 2DK$ $K = 1$ (valor típico)	Sistema de frecuencia piloto $M = 75\ 000$ $D = 75\ 000$ Hz Anchura de banda: $300\ 000$ Hz = 300 kHz	300KF8EHF

III-B. FACTORES DE MULTIPLICACIÓN QUE DEBEN UTILIZARSE PARA CALCULAR LA EXCURSIÓN DE FRECUENCIA DE CRESTA D EN LAS EMISIONES MULTICANAL CON MODULACIÓN DE FRECUENCIA Y MÚLTIPLEX POR DISTRIBUCIÓN DE FRECUENCIA (MF-MDF)

Para los sistemas MF-MDF, la anchura de banda necesaria es:

$$B_n = 2M + 2DK$$

El valor de D , excursión de frecuencia de cresta, que aparece en estas fórmulas de B_n se calcula multiplicando el valor eficaz de la excursión por canal, por el «factor de multiplicación» apropiado que se indica más abajo.

En el caso en que exista una señal piloto de continuidad, de frecuencia f_p por encima de la frecuencia de modulación máxima M , la fórmula general pasa a ser:

$$B_n = 2f_p + 2DK$$

En el caso en que el índice de modulación de la portadora principal producido por la señal piloto, sea inferior a 0,25 y la excursión de frecuencia eficaz de la portadora principal producida por la señal piloto sea inferior o igual al 70% del valor eficaz de la desviación por canal, la fórmula general pasa a ser:

$$B_n = 2f_p \quad \text{o} \quad B_n = 2M + 2DK$$

adoptándose el valor que sea mayor.

Factor de multiplicación ⁽¹⁾	
Número de canales telefónicos N_c	(Factor de cresta) \times antilog $\left[\frac{\text{Valor en dB por encima del nivel de modulación de referencia}}{20} \right]$
$3 < N_c < 12$	$4,47 \times$ antilog $\left[\frac{\text{Valor en dB especificado por el fabricante del equipo o por el concesionario de la estación, y sujeto a la aprobación de la administración}}{20} \right]$
$12 \leq N_c < 60$	$3,76 \times$ antilog $\left[\frac{2,6 + 2 \log N_c}{20} \right]$
Factor de multiplicación ⁽²⁾	
Número de canales telefónicos N_c	(Factor de cresta) \times antilog $\left[\frac{\text{Valor en dB por encima del nivel de modulación de referencia}}{20} \right]$
$60 \leq N_c < 240$	$3,76 \times$ antilog $\left[\frac{-1 + 4 \log N_c}{20} \right]$
$N_c \geq 240$	$3,76 \times$ antilog $\left[\frac{-15 + 10 \log N_c}{20} \right]$

⁽¹⁾ En este cuadro, los factores de multiplicación 3,76 y 4,47 corresponden a factores de cresta de 11,5 y 13,0 dB respectivamente.

⁽²⁾ En este cuadro, el factor de multiplicación 3,76 corresponde a un factor de cresta de 11,5 dB.

Descripción de la emisión	Anchura de banda necesaria		Denominación de la emisión
	Fórmula	Ejemplo de cálculo	
IV. MODULACIÓN POR IMPULSOS			
1. Radar			
Emisión de impulsos no modulados	$B_n = \frac{2K}{t}$ <p>K depende de la relación entre la duración del impulso y el tiempo de subida del mismo. Su valor, por lo general, está comprendido entre 1 y 10, y en muchos casos no es necesario que exceda de 6</p>	<p>Radar primario Poder de resolución en distancia: 150 m $K = 1,5$ (impulso triangular con $t \approx t_r$, sólo se consideran los componentes desde el más fuerte hasta 27 dB por debajo) Luego:</p> $t = \left[\frac{2 \times (\text{poder de resolución en distancia})}{\text{velocidad de la luz}} \right]$ $= \frac{2 \times 150}{3 \times 10^8}$ $= 1 \times 10^{-6} \text{ s}$ <p>Anchura de banda: $3 \times 10^6 \text{ Hz} = 3 \text{ MHz}$</p>	3M00P0NAN
2. Emisiones compuestas			
Sistema de radioenlaces	$B_n = \frac{2K}{t}$ <p>$K = 1,6$</p>	<p>Impulsos modulados en posición por 36 canales telefónicos en banda base. Duración del impulso de amplitud mitad = 0,4 μs Anchura de banda: $8 \times 10^6 \text{ Hz} = 8 \text{ MHz}$ (Anchura de banda independiente del número de canales telefónicos)</p>	8M00M7EJT
3. Frecuencias patrón y señales horarias			
3.1 Alta frecuencia (ráfagas de tonos)			
Tics utilizados en la medición del tiempo de referencia	$B_n = 2/t_R$	<p>$t_r = 1 \text{ ms}$ Anchura de banda: $2\,000 \text{ Hz} = 2 \text{ kHz}$</p>	2K00K2XAN
3.2 Baja frecuencia (código de tiempo)			
Flanco anterior del código de tiempo utilizado en la medición del tiempo de referencia	$B_n = 2/t_R$	<p>$t_r = 1 \text{ ms}$ Anchura de banda = $2\,000 \text{ Hz} = 2 \text{ kHz}$</p>	2K00K2XAN
V. VARIOS			
Multiplexión por división de frecuencia ortogonal (MDFO) o MDFO codificada (MDFOC)	$B_n = N_s K$	<p>Se utilizan 53 subportadoras activas, cada una de ellas separada de las otras 312,5 kHz ($K = 53$ y $N_s = 312,5 \text{ kHz}$). Las subportadoras de datos pueden ser MDP-2, MDP-4 o QAM $B_n = 312,5 \text{ kHz} \times 53 = 16,6 \text{ MHz}$</p>	16M6W7D

RECOMENDACIÓN UIT-R SA.1154-0***

Disposiciones para proteger los servicios de investigación espacial (IE), operaciones espaciales (OE) y exploración de la Tierra por satélite (ETS) y facilitar la compartición con el servicio móvil en las bandas 2 025-2 110 MHz y 2 200-2 290 MHz

(1995)

La Asamblea de Radiocomunicaciones de la UIT,

considerando

- a) que las bandas 2 025-2 110 MHz y 2 200-2 290 MHz están atribuidas a título primario a tres de los servicios científicos espaciales (IE, OE, ETS), al servicio fijo y al servicio móvil, con sujeción a las disposiciones de los números 5.391 y 5.392 del Reglamento de Radiocomunicaciones (RR);
- b) que la Conferencia Administrativa Mundial de Radiocomunicaciones para examinar la atribución de frecuencias en ciertas partes del espectro (CAMR-92) (Málaga-Torremolinos, 1992), en su Resolución N.º 211, invitó al ex CCIR a seguir estudiando disposiciones idóneas para proteger a los servicios espaciales que funcionan en las bandas 2 025-2 110 MHz y 2 200-2 290 MHz de la interferencia perjudicial causada por emisiones de estaciones del servicio móvil y a informar de los resultados de esos estudios a la próxima conferencia competente;
- c) que las estaciones espaciales en órbita terrestre baja (OTB) utilizan cada vez más los servicios IE, OE y ETS en estas bandas de frecuencias;
- d) que la introducción de futuros sistemas móviles terrestres de alta densidad o convencionales en las bandas 2 025-2 110 MHz y 2 200-2 290 MHz ocasionaría interferencias inadmisibles a los servicios IE, OE y ETS (en el Anexo 1 se proporciona más amplia información a este respecto);
- e) que estudios efectuados indican que determinados sistemas móviles de baja densidad, como los descritos en el Anexo 2, podrían compartir las bandas 2 025-2 110 MHz y 2 200-2 290 MHz con los servicios IE, OE y ETS;
- f) que en algunos países los servicios científicos espaciales han compartido frecuencias con éxito, durante muchos años, con los sistemas móviles de periodismo electrónico de baja densidad (véase el Anexo 3) y los sistemas móviles de teledifusión aeronáutica (véase el Anexo 4) sin restricciones, pero que éstas pueden necesitarse en el futuro habida cuenta de la tasa de crecimiento prevista de estos sistemas;
- g) que las actividades de los servicios científicos espaciales en la banda 2 200-2 290 MHz son más vulnerables a la interferencia que las desarrolladas en la banda 2 025-2 110 MHz dadas las antenas de elevada ganancia de los satélites geoestacionarios de retransmisión de datos (data relay satellite – DRS) que están orientadas hacia la Tierra en las operaciones de seguimiento de un satélite en órbita terrestre baja;
- h) que de los tres servicios científicos espaciales, el servicio IE es el que requiere criterios de protección más estrictos, que proporcionan también protección suficiente a los servicios OE y ETS;

* Esta Recomendación debe señalarse a la atención de las Comisiones de Estudio 4, 8 y 9 de Radiocomunicaciones.

** La Comisión de Estudio 7 de Radiocomunicaciones efectuó modificaciones de redacción en esta Recomendación en 2003 de conformidad con la Resolución UIT-R 44.

- j) que en la Recomendación UIT-R SA.609 (§ 1, 1.1, 1.2 y 2) se especifican los criterios de protección para el servicio IE;
- k) que los criterios de protección de la Recomendación UIT-R SA.609 se han aplicado repetidamente en los estudios de compartición y gozan de amplia aceptación;
- l) que los servicios IE, OE y ETS utilizan las bandas 2025-2110 MHz y 2200-2290 MHz para radiocomunicaciones Tierra-espacio, espacio-Tierra y espacio-espacio. Los enlaces espacio-espacio incluyen típicamente el uso de un DRS, según lo descrito en el sistema ficticio de referencia de Recomendaciones UIT-R SA.1020 y UIT-R SA.1018. Los criterios de compartición han de tener en cuenta las necesidades de protección de los enlaces de radiocomunicaciones DRS que funcionen en las bandas 2025-2110 MHz y 2200-2290 MHz;
- m) que para la protección de los servicios IE, OE y ETS en los enlaces Tierra-espacio y espacio-Tierra, se estima suficiente, en la mayoría de los casos, una relación N/I de 6 dB, resultante en una degradación de 1 dB;
- n) que, dados los márgenes típicamente bajos de los enlaces espacio-espacio, de 2 dB e inferiores, se estima necesaria para los enlaces espacio-espacio de los DRS una relación N/I de 10 dB, resultante en una degradación de 0,4 dB;
- o) que las bandas de que se trata son compartidas con el servicio fijo y el servicio móvil. Se supone que cada servicio contribuye la mitad de la interferencia total al satélite. Dada la coordinación prevista, se supone asimismo que sólo uno de los servicios interferirá con una estación terrena;
- p) que los satélites DRS están generalmente situados en la órbita de los satélites geoestacionarios (OGE);
- q) que la banda 2025-2110 MHz se emplea para los enlaces Tierra-espacio de IE, OE y ETS establecidos tanto con satélites de órbita terrestre baja como con satélites geoestacionarios. Esta banda se utiliza también para enlaces IE, OE y ETS espacio-espacio, generalmente para radiocomunicaciones de satélites DRS a satélites de órbita terrestre baja;
- r) que la banda 2200-2290 MHz se utiliza para enlaces espacio-Tierra de los servicios IE, OE y ETS procedentes tanto de satélites de órbita terrestre baja como de satélites geoestacionarios. Esta banda es también empleada para enlaces espacio-espacio de los tres servicios citados, típicamente para radiocomunicaciones procedentes de satélites de órbita terrestre baja a satélites DRS;
- s) que los términos relativos a la densidad de los sistemas móviles se refieren al número de sistemas y a la distribución de la población de éstos,

reconociendo

1 que la especificación de un número máximo de estaciones móviles que funcionen en las bandas 2025-2110_{MHz} y 2200-2290 MHz en todo el mundo, de modo tal que el nivel total de interferencia no rebase los criterios de compartición, puede constituir una solución técnica válida. No obstante, la aplicación de esa solución podría no resultar práctica,

reconociendo asimismo

1 que lo que facilita la compartición es una combinación particular de características técnicas y de explotación de determinados sistemas móviles, y que la compartición entre tales sistemas y los servicios IE, OE y ETS puede describirse tanto en términos cualitativos como cuantitativos,

recomienda

1 que para proteger a los servicios IE, OE y ETS de la interferencia total causada por las emisiones de los sistemas móviles en la banda 2 025-2 110 MHz, se consideren apropiadas las siguientes disposiciones:

1.1 que la interferencia total en los terminales de entrada del receptor de un satélite, no ha de rebasar, excepto en el caso de un enlace espacio-espacio, -180 dB(W/kHz) durante más del 0,1% del tiempo;

1.2 que en el caso de los enlaces espacio-espacio la interferencia total en los terminales de entrada del receptor del satélite no ha de rebasar -184 dB(W/kHz) durante más del 0,1% del tiempo;

2 que para proteger a los servicios IE, OE y ETS de la interferencia total causada por las emisiones de sistemas móviles en la banda 2 200-2 290 MHz, se consideren apropiadas las siguientes disposiciones:

2.1 que la interferencia total en los terminales de entrada del receptor de una estación terrena no ha de rebasar -216 dB(W/Hz) durante más del 0,1% del tiempo;

2.2 que la interferencia total en los terminales de entrada del receptor de un satélite DRS no ha de rebasar -184 dB(W/kHz) durante más del 0,1% del tiempo;

3 que no se introduzcan en las bandas 2 025-2 110 MHz y 2 200-2 290 MHz, sistemas móviles de alta densidad o de tipo convencional dado que causaría interferencia inadmisibles a los servicios IE, OE y ETS, como se confirma en el Anexo 1;

4 que los nuevos sistemas móviles se introduzcan de manera tal que su implantación a largo plazo en todo el mundo no cause niveles totales de interferencia superiores a los valores indicados en los § 1 y 2 anteriores;

5 que para la introducción de nuevos sistemas móviles, se prefieran parámetros técnicos y de explotación tales como bajas densidades espectrales de potencia, bajas densidades de la población de equipos en todo el mundo y transmisiones intermitentes (véase el Anexo 2);

6 que al examinar nuevos sistemas móviles de baja densidad para su introducción en la banda 2 025-2 110 MHz, se utilicen como orientación características técnicas y de explotación similares a las descritas en el Anexo 3;

7 que al examinar nuevos sistemas móviles de baja densidad para su introducción en la banda 2 200-2 290 MHz, se utilicen como orientación características técnicas y de explotación similares a las descritas en el Anexo 4.

Anexo 1

Estudio de la compatibilidad de los sistemas de investigación espacial/operaciones espaciales con los sistemas móviles terrestres de alta densidad

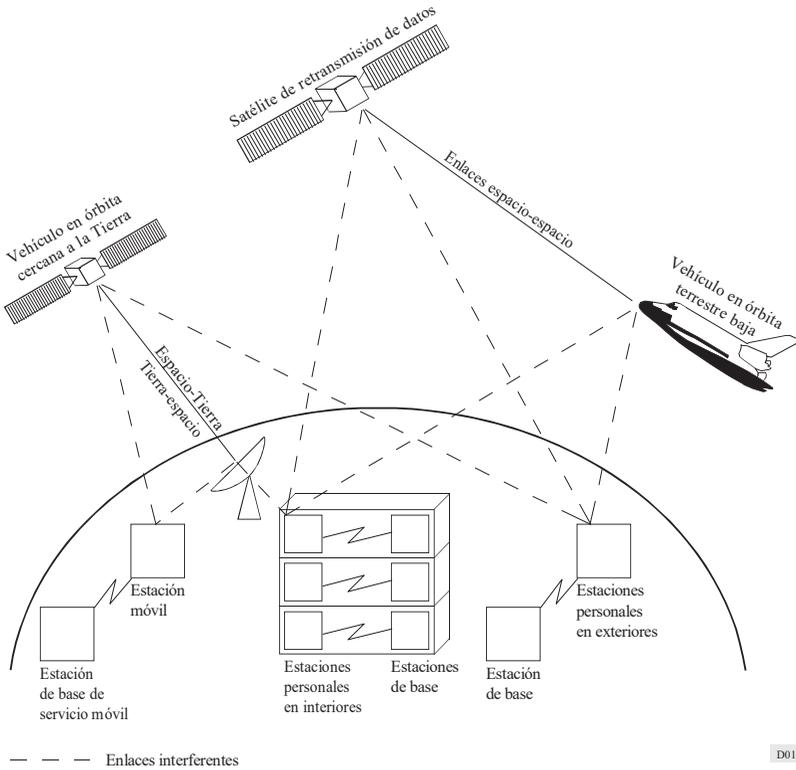
1 Introducción

No es viable la compartición entre los sistemas móviles terrestres de alta densidad y convencionales, por una parte, y los servicios espaciales, por otra. El presente anexo se basa en contribuciones que conducen a esta conclusión y proporcionan el análisis que la fundamenta. El sistema móvil considerado en este estudio es el futuro sistema público de comunicaciones móviles terrestres (FSPTMT). El modelo utilizado es también aplicable a los sistemas móviles de tipo convencional.

Las bandas 2025-2 110 MHz y 2200-2290 MHz se utilizan intensamente en todo el mundo para las operaciones espaciales, la exploración de la Tierra por satélite y la investigación espacial, y existe gran número de acuerdos de apoyo recíproco entre los organismos espaciales en el ámbito internacional. Debido a las largas distancias entre los transmisores y los receptores, los niveles de las señales en estos últimos son muy bajos. Estos servicios son por ello muy sensibles a la interferencia y requieren elevados niveles de protección, especificados en el RR y en las Recomendaciones UIT-R.

En la Fig. 1 pueden verse los distintos enlaces considerados y las configuraciones de interferencia resultantes. Para las estaciones personales y móviles sólo se consideran los servicios vocales. La interferencia adicional que puedan causar las estaciones de base aún no ha sido estudiada.

FIGURA 1
Configuraciones de interferencia entre unidades FSPTMT y servicios espaciales



D01

Actualmente representa ya un reto para los encargados de la gestión de frecuencias la tarea de satisfacer nuevas solicitudes de asignación para los servicios espaciales con las atribuciones actuales, de manera de reducir al mínimo los efectos de interferencia a las asignaciones existentes. Así pues, la compartición dentro de un mismo servicio con usuarios adicionales es cada vez más difícil.

En el caso de los servicios móviles, los diagramas de antena son casi omnidireccionales y las decenas de millones de transmisores móviles que se prevén crearán un nivel de interferencia acumulativa muy elevado. Dado que las unidades FSPTMT son «móviles» por definición, la coordinación no es posible por razones obvias. Puede demostrarse, que para prácticamente todas las configuraciones consideradas, la compartición con estos sistemas móviles no es viable.

2 Aspectos relacionados con la reglamentación de las radiocomunicaciones y la ocupación de las bandas

Las bandas 2025-2110 MHz y 2200-2290 MHz están atribuidas a título primario en igualdad de condiciones a los servicios IE, OE y ETS y al servicio móvil en todas las regiones de la UIT.

Los niveles de interferencia máximos admisibles para las estaciones terrenas están definidos en el Cuadro 8b del Apéndice 7 al RR y en las Recomendaciones UIT-R SA.363 y UIT-R SA.609. Los diagramas de antena para las estaciones terrenas se basan en los diagramas de radiación especificados en el Anexo III del Apéndice 8 al RR. Los ángulos mínimos de elevación de las antenas de las estaciones terrenas se ajustan a lo dispuesto en los números 21.15 y 21.14 del RR. Los niveles de interferencia para los receptores de satélite se especifican en las Recomendaciones UIT-R SA.609 y UIT-R SA.363.

En la banda 2025-2110 MHz existen actualmente más de 300 asignaciones. En la banda 2200-2290 MHz, el número de asignaciones es superior a 350. Para los enlaces espacio-espacio, hay en la actualidad seis atribuciones destinadas al sistema de retransmisión de datos, y varias adicionales en trámite para el programa internacional de estaciones espaciales, así como para los programas europeo y japonés de satélites de retransmisión de datos.

Es evidente que las bandas de que se trata son intensamente utilizadas por los servicios espaciales y que gran número de satélites y de estaciones terrenas resultarían afectados por servicios móviles terrestres que funcionasen en esas bandas de frecuencias.

3 Supuestos relativos a los sistemas de los servicios móviles terrestres (FSPTMT)

Se prevé una amplia variedad de servicios para los futuros sistemas de comunicaciones móviles. Uno de los servicios contemplados para su funcionamiento en las bandas próximas a 2 GHz es el futuro sistema público de telecomunicaciones móviles terrestres (FSPTMT). La anchura de banda prevista para estos servicios es de 230 MHz.

El FSPTMT se encuentra en la fase de planificación, y sólo se cuenta con cifras preliminares sobre las tasas de abonados, la densidad de tráfico y los niveles de potencia. La Comisión de Estudio 8 de Radiocomunicaciones formuló supuestos relativamente detallados sobre niveles de potencia, necesidades de anchura de banda, densidad de tráfico, etc. Se resumen los supuestos referentes a los sistemas en el Cuadro 1.

CUADRO 1

Resumen de los supuestos referentes a los sistemas

	Estación móvil en exteriores	Estación personal en exteriores	Estación personal en edificios
Altura de la antena de la estación de base (m)	50	< 10	< 3
Densidad de tráfico en zona urbana (E/km ²)	500 (0,25)	1 500 (1,2)	20 000 (1,2)
Superficie de la célula (km ²)	0,94	0,016	0,0006
Anchura de banda dúplex por canal (kHz)	25	50	50
Tráfico por célula (E)	470	24	12
Número de canales por célula	493	34	23
Anchura de banda para los servicios vocales (MHz)	111	27	24
Gama de potencia de las estaciones (W)	1-5	0,02-0,05	0,003-0,01
Velocidad de codificación de las señales vocales (kbit/s)	8	(16)	(16)
Relación valor de cresta/valor medio del tráfico	(3)	3	(3)
Densidad de tráfico máxima por estación (E)	0,1 (0,04)	0,04 (0,1)	0,2 (0,1)
Tasa de abonados (penetración) (%)	50 (10)	80 (20)	(20)

En algunos casos, se halló que para una evaluación de la interferencia media, los supuestos del FSPTMT eran demasiado optimistas, en particular por lo que se refería a la densidad de tráfico y a la tasa de abonados. En su lugar se utilizaron los valores que figuran entre paréntesis. Con los datos originales del FSPTMT los valores de interferencia excesiva serían mayores. En los casos en los que no se disponía de datos se utilizaron para el cálculo las cifras que figuran entre paréntesis.

Sólo se tuvieron en cuenta los servicios vocales pero se prevé que los servicios no vocales producirán valores muy similares.

Los supuestos de densidad de tráfico para los análisis se basaron en cifras disponibles para Europa. La población del conjunto de países del Mercado Común se encuentra actualmente en torno a los 323 millones, en una superficie de 2,3 millones de km². Esto da un promedio de 140 habitantes por km², utilizado como base para el cálculo de la interferencia a las estaciones terrenas.

Los supuestos de densidad de tráfico para el escenario de interferencia a los receptores de satélite pueden obtenerse de manera análoga. Un satélite geoestacionario «ve» la superficie indicada en la Fig. 3, que tendrá aproximadamente 4 mil millones de habitantes en el año 2000. La altitud mínima de la órbita de un satélite es de 250 km. En la Fig. 4 se han señalado las superficies vistas por satélites en órbita a altitudes de 250 y 750 km, respectivamente. La zona de recepción de la interferencia para una órbita de 250 km es ya de 9,6 millones de km². La población de esta zona se estima en más de 600 millones de habitantes. En la Fig. 5 se indican las zonas de recepción de interferencia para órbitas de inclinación baja, en torno a los 29° que son características de las órbitas del tipo de la que recorre el transbordador espacial.

Se ha tenido en cuenta para todos los servicios FSPTMT la atenuación ambiental en los trayectos de transmisión a través de ventanas, paredes, tejados, edificios y árboles. Se han supuesto cifras de atenuación típicas para las ventanas (6,6 dB), las paredes y los tejados (27 dB). Se supuso que resultaría atenuada la señal de la mayoría de las unidades personales empleadas dentro de los

edificios, pero no de todas. Habrá un pequeño porcentaje de terminales que radiarán a través de ventanas abiertas o en balcones, terrazas u otros lugares al aire libre. Para este estudio, se supuso que la señal de alrededor del 5% de las unidades apenas resultaría atenuada y que la del 25% de las unidades sería atenuada por cristales. La interferencia causada por el restante 70% de las unidades se consideró insignificante. Se computó, por tanto, una atenuación media de 10 dB para las unidades personales en el interior de los edificios. Las señales procedentes de unidades personales en exteriores y de unidades móviles sólo resultarán atenuadas si atraviesan edificios y árboles. Esto sucede a menudo con ángulos de elevación bajos, pero es menos importante con ángulos mayores. Habida cuenta de que la principal interferencia procede de unidades próximas al punto subsatélite, lo que implica grandes ángulos de elevación, se prevé una atenuación media no mayor de 3 dB.

La interferencia causada por estaciones de base no se estudia en la presente Recomendación, ya que no se ha dispuesto de información técnica suficiente. Es evidente que debe preverse una adición del mismo orden de magnitud.

4 Protección necesaria para los servicios espaciales

4.1 Protección necesaria para las estaciones terrenas

Los niveles máximos de interferencia a los receptores de las estaciones terrenas dependen del servicio de que se trata y se ajustan a los valores del Cuadro 8b del Apéndice 7 al RR y a la Recomendación UIT-R SA.363. Estos valores y los ángulos de elevación mínimos correspondientes Θ_r son los siguientes:

1. Operaciones espaciales: $-184,0 \text{ dB(W/kHz)}$, $\Theta_r = 3^\circ$
2. Investigación espacial: $-216,0 \text{ dB(W/Hz)}$, $\Theta_r = 5^\circ$

Para las funciones típicas de apoyo general a las operaciones espaciales y a las misiones de investigación espacial hasta la altitud de la OSG y distancias mayores, se están empleando antenas con un diámetro comprendido entre 5,5 y 15 m. En la Fig. 2 pueden verse las características de ganancia de las antenas de las estaciones consideradas. Los diagramas de radiación se basan en el Anexo III del Apéndice 8 del RR.

4.2 Protección necesaria para los receptores de vehículos espaciales

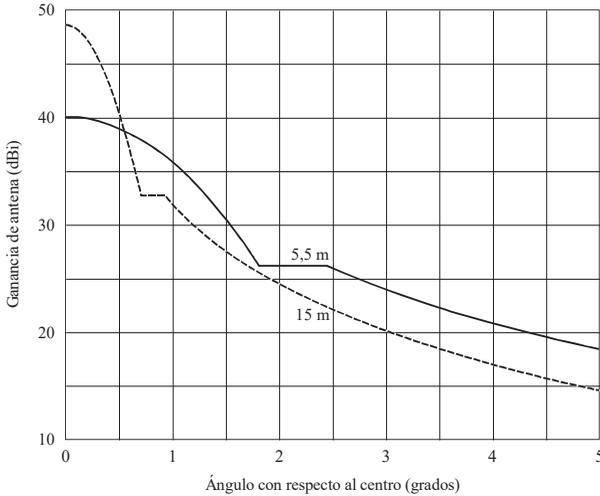
Las temperaturas de ruido típicas de los receptores de vehículos espaciales se sitúan en torno a 800 K lo que resulta en una densidad espectral de ruido de alrededor de -200 dB(W/Hz) . Algunas misiones críticas de investigación espacial requieren temperaturas de ruido limitadas a 600 K.

En la Recomendación UIT-R SA.609 se especifica que la interferencia no ha de rebasar un valor de -177 dB(W/kHz) en los terminales de entrada del receptor durante más del 0,1% del tiempo. Con los servicios fijo, móvil y espacial en esta banda, se supone que cada servicio contribuye la tercera parte de la interferencia total. Esto arroja -182 dB(W/kHz) , equivalentes a -212 dB(W/Hz) , como contribución de interferencia admisible de los servicios móviles. Esta cifra está en armonía con los criterios de protección recomendados en los § 1.1, 1.2 y 2.2.

La ganancia media de una antena cuasiomnidireccional se sitúa en torno a 0 dBi con mínimos que ocasionalmente rebasan -6 dBi . Esa antena debe poder establecer un enlace con el vehículo espacial en caso de emergencia o cuando no sea posible utilizar otras antenas por razones técnicas o de explotación, como sucede durante el lanzamiento y las primeras fases en órbita. Esto se aplica también a los satélites de comunicaciones. Con una antena de 0 dBi la interferencia causada por unidades móviles que puede admitirse a la entrada de la antena es, por tanto, de -212 dB(W/Hz) .

FIGURA 2

Características típicas de las antenas de las estaciones terrenas de sistemas de satélite



Frecuencia = 2,25 GHz

 $G_{min} = -6$ y -10 dBi

D02

Los requisitos son más estrictos para un enlace espacio-espacio, en el cual, por ejemplo, un satélite de retransmisión de datos orienta una antena de elevada ganancia a un satélite en órbita terrestre baja. Si se aplican los mismos supuestos antes indicados, pero se toma una ganancia de antena típica de 35 dBi, el nivel de interferencia admisible es de -247 dB(W/Hz) a la entrada de la antena.

En la Recomendación UIT-R SA.363 se especifica una relación de protección C/I de 20 dB para las operaciones espaciales. En los últimos años muchos organismos espaciales han introducido técnicas de codificación de canal a fin de reducir la potencia de transmisión, y reducir también, de tal manera, la interferencia a otros sistemas. Han de distinguirse dos casos, según que las transmisiones estén o no codificadas:

- Las transmisiones no codificadas requieren una relación E_s/N_0 de 9,6 dB para una tasa de errores en los bits de 10^{-5} . Si se añade un margen típico de 3 dB, la relación C/N necesaria es de 12,6 dB. La relación interferencia/ruido total I/N , es por consiguiente de $-7,4$ dB. Si se asigna un tercio de la interferencia total a los servicios móviles, se obtiene una relación I_m/N de $-12,4$ dB. Para una densidad de potencia de ruido típica de -200 dB(W/Hz), la interferencia admisible es $-212,4$ dB(W/Hz).
- Las transmisiones codificadas requieren una relación E_s/N_0 de 1,5 dB para una tasa de errores en los bits de 10^{-5} con la codificación de canal convolucional ordinaria. Si se añade un margen típico de 3 dB, la relación C/N necesaria es de 4,5 dB. La relación I/N es, por consiguiente, de $-15,5$ dB. Si se asigna un tercio de la interferencia total a los servicios móviles, se obtiene una relación I_m/N de $-20,5$ dB. Para una densidad de potencia de ruido típica de -200 dB(W/Hz), la interferencia admisible es $-217,5$ dB(W/Hz), es decir, 5 dB inferior al valor de protección de la Recomendación UIT-R SA.609.

Aunque las transmisiones codificadas exigen niveles de protección más elevados, a los efectos de este estudio se ha adoptado un criterio de protección de -212 dB(W/Hz), ya que es coherente con los valores especificados en las Recomendaciones UIT-R SA.609 y UIT-R SA.363.

5 Análisis de la interferencia

5.1 Enlace Tierra-espacio (2025-2 110 MHz)

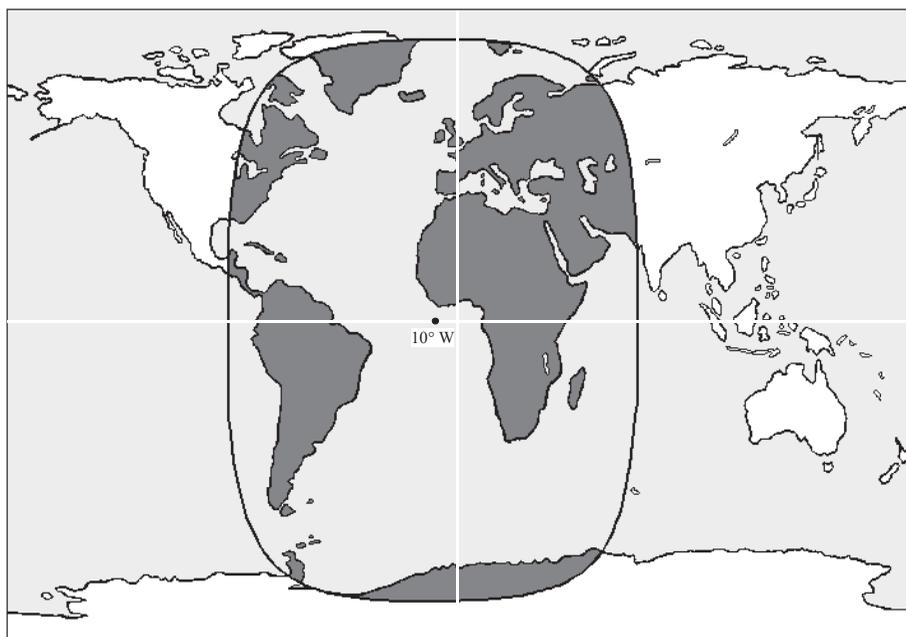
5.1.1 Interferencia causada al vehículo espacial

Los enlaces Tierra-espacio considerados en este análisis se basan en alturas orbitales de entre 250 y 36000 km, ya que más del 90% de los vehículos espaciales funcionan en la órbita geostacionaria o a altitudes menores.

En la Fig. 3 puede verse la zona de la que recibirá señales un satélite geostacionario recibirá señales por medio de una antena cuasiomnidireccional. La posición del satélite, arbitrariamente elegida, es 10° W. Se estima que, en el caso más desfavorable, el satélite podría ver una zona en la que se encuentren el 70% de todos los terminales móviles de la Tierra.

FIGURA 3

Zona de recepción de interferencia para los satélites geostacionarios

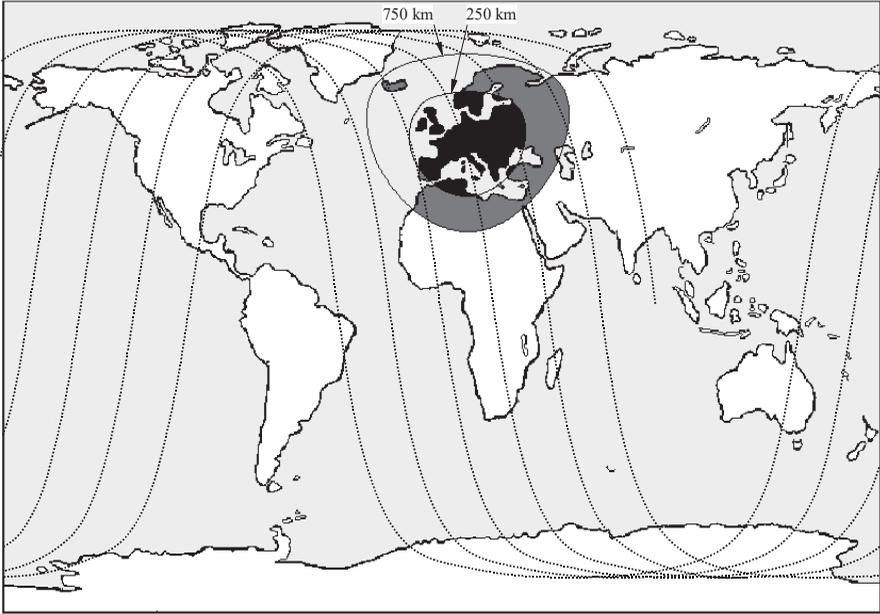


D03

En la Fig. 4 se indica la zona de la que recibirá señales un satélite en órbita terrestre baja, de una altitud comprendida entre 250 y 750 km. En este caso se ha supuesto que el satélite se encuentra encima del centro del continente europeo. La «ventana» resultante se desplaza a lo largo de una traza indicada por las líneas discontinuas. Es evidente que podría verse desde el satélite una zona muy extensa, donde podrían haber millones de estaciones móviles que estén transmitiendo.

En la Fig. 5 se ha representado la zona total desde la que recibirá interferencia un vehículo espacial tipo transbordador con una inclinación característica de 29°.

FIGURA 4
Zona de recepción de interferencia para los vehículos en órbita terrestre baja ($i = 98^\circ$)



D04

La zona de interferencia A_i está determinada por:

$$A_i = \frac{2\pi R^2 h}{R + h}$$

donde:

R : radio de la Tierra (6378 km)

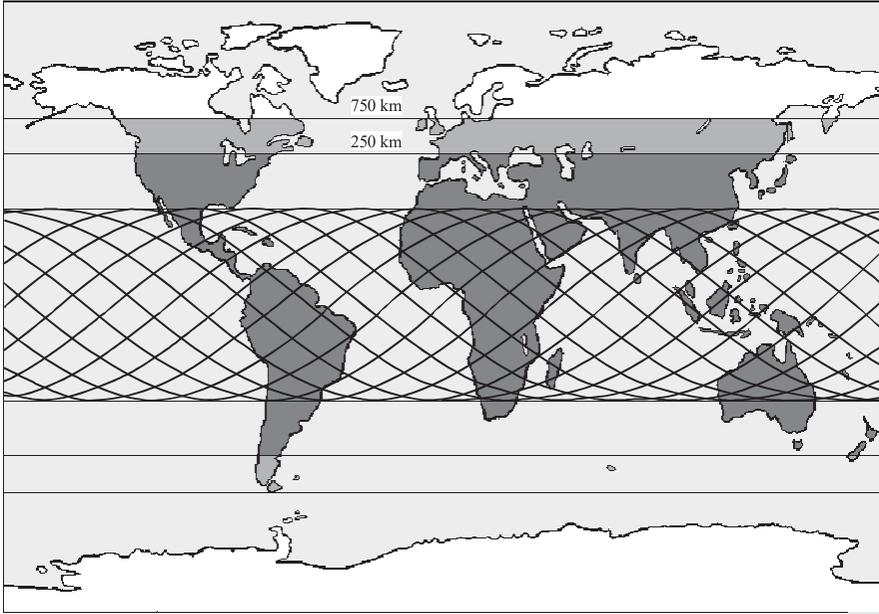
h : altitud de la órbita (250 a 36000 km).

A una altitud de 250 km el vehículo espacial recibirá interferencia de una zona de 9,6 millones de km^2 . Esta cifra aumenta a 27 millones de km^2 en el caso de una altitud orbital de 750 km. La superficie máxima vista por un satélite geostacionario es de 217 millones de km^2 .

El nivel de densidad espectral de interferencia, P_i , recibido por una antena espacial desde un transmisor móvil único puede calcularse del modo siguiente:

$$P_i = \frac{E_i c^2}{B_i (4\pi x f)^2}$$

FIGURA 5
Zona de recepción de interferencia para los vehículos en órbita terrestre baja ($i = 29^\circ$)



La interferencia acumulativa $P_{\Sigma i}$ de todos los transmisores móviles de la zona de interferencia viene dada por:

$$P_{\Sigma i} = \int_{x=h}^{d_m} \frac{n_a P_i B_i h^2 dA_{(x)}}{B_m A_i x^2} dx = \frac{n_a E_i c^2}{(4\pi f)^2 B_m A_i} \int_{x=h}^{d_m} \frac{dA_{(x)}}{x^2} dx$$

$$A_{(x)} = \frac{\pi R (x^2 - h^2)}{R + h}$$

$$\frac{dA_{(x)}}{dx} = \frac{2\pi R}{R + h} x$$

$$d_m = \sqrt{(R + h)^2 - R^2}$$

$$P_{\Sigma i} = \frac{n_a E_i c^2}{(4\pi f)^2 B_m R h} [\ln(d_m) - \ln(h)]$$

donde:

- P_i : densidad de potencia del transmisor interferente
- E_i : p.i.e. del interferente
- x : distancia al interferente

- f : frecuencia de transmisión
 n_a : número de transmisores móviles activos
 c : velocidad de la luz
 B_i : anchura de banda de un transmisor móvil
 B_m : anchura de banda del servicio móvil
 d_m : distancia máxima al transmisor interferente.

Para simplificar, se ha supuesto una distribución uniforme de los terminales activos en la anchura de banda disponible y en la zona de interferencia. En el Cuadro 2 se indican los supuestos detallados adoptados y los niveles de interferencia resultantes. Debe concluirse que la compartición es imposible para estos enlaces, ya que los niveles de interferencia son varios órdenes de magnitud mayores que los niveles admisibles.

5.1.2 Interferencia causada a las unidades móviles

Las unidades móviles recibirán interferencia perjudicial de una estación terrena transmisora si funcionan dentro de un radio determinado de esa estación. Los niveles máximos de la p.i.r.e. para las funciones de apoyo a satélites próximos a la Tierra están situados típicamente entre 66 y 78 dBW.

Teniendo en cuenta las ganancias de antena en la dirección horizontal indicadas en la Fig. 2 y el hecho de que una antena radia en principio en todas direcciones, con la especificación de ganancia más baja de -10 dBi hacia atrás (-6 dBi para una antena de 5,5 m), deben preverse en la dirección horizontal los niveles de p.i.r.e. en torno a la antena que se indican más adelante. Los niveles de densidad de p.i.r.e. dependen en gran medida de la velocidad de transmisión de datos. Para el servicio de operaciones espaciales, la velocidad de datos máxima es típicamente de algunos kbit/s mientras que en el servicio de investigaciones espaciales deben tenerse en cuenta por lo menos la gama de 1 kbit/s a 100 kbit/s.

Diámetro de la antena (m)	Gama de la p.i.r.e. (dBW)	Gama de la densidad de p.i.r.e. (dB(W/4 kHz))
5,5 (3°)	20-50	14-47
15 (3°)	19-50	13-47

Los niveles de protección de las unidades FSPTMT no se conocen, pero el sistema estará limitado por la autointerferencia y no por el ruido. Si se supone que son admisibles niveles de interferencia de alrededor de -150 dB(W/4 kHz), y suponiendo cierta pérdida adicional debida a la difracción de la señal, puede necesitarse una zona de protección de hasta 100 km para permitir el funcionamiento satisfactorio de las unidades móviles.

5.2 Enlace Tierra-espacio (2 200-2 290 MHz)

Para estos enlaces, debe distinguirse entre los distintos servicios espaciales. El más crítico es el de investigación espacial, pero los resultados en el caso de las operaciones espaciales y de la exploración de la Tierra son en realidad muy similares.

Es difícil formular supuestos sobre la distribución de los transmisores móviles en torno a una estación terrena de satélite, ya que éstos dependen en gran medida del emplazamiento de la estación. Se ha supuesto una distribución media basada en el número de habitantes de los países del Mercado Común Europeo. La densidad de población media es de 140 habitantes por km², con lo cual 323 millones de personas viven en 2,3 millones de km². La densidad de tráfico media resultante es de 2,8 E/km² para las estaciones personales y de 0,56 E/km² para las estaciones móviles.

CUADRO 2
Enlaces Tierra-espacio (2 025-2 110 MHz)

	Estación personal en interior		Estación personal en exterior		Estación móvil	
	250	36 000	250	36 000	250	36 000
Altitud de la órbita del satélite (km)	0,003	0,003	0,020	0,020	1,00	1,00
p.i.r.e. de una unidad FSPTMT única (W)	50,0	50,0	50,0	50,0	25,0	25,0
Anchura de banda del canal para las comunicaciones vocales (kHz)	-72,2	-72,2	-64,0	-64,0	-44,0	-44,0
Densidad de p.i.r.e. de una unidad FSPTMT (dB(W/Hz))	146,7	189,8	146,7	189,8	146,7	189,8
Pérdida en el espacio (dispersión) (dB)	-218,9	-262,1	-210,7	-253,8	-190,7	-233,8
Interferencia causada por una unidad (dB(W/Hz))	-212,0	-212,0	-212,0	-212,0	-212,0	-212,0
Densidad de interferencia admisible (dB(W/Hz))	-6,9	-50,1	1,3	-41,8	21,3	-21,8
Exceso de interferencia causada por una unidad (dB)						
Zona de interferencia vista por el satélite (mill./km ²)	9,64	217,13	9,64	217,13	9,64	217,13
Número total de habitantes de la zona (mill.)	600	4 000	600	4 000	600	4 000
Porcentaje de abonados al servicio (%)	20,0	20,0	20,0	20,0	10,0	10,0
Número total medio de unidades por km ²	12,4	3,7	12,4	3,7	6,2	1,8
Porcentaje de unidades activas en la zona (%)	10,0	10,0	10,0	10,0	4,0	4,0
Unidades activas simultáneamente en la zona (mill.)	12,0	80,0	12,0	80,0	2,4	16,0
Número medio de unidades activas por km ² (E/km ²)	1,24	0,37	1,24	0,37	0,25	0,07
Anchura de banda de servicio prevista (canales vocales) (MHz)	24	24	27	27	111	111
Número de unidades activas por canal	25 000	166 667	22 222	148 148	541	3 604
Atenuación ambiental (edificios, árboles) (dB)	10,0	10,0	3,0	3,0	3,0	3,0
Interferencia acumulativa de todas las unidades activas (dB(W/Hz))	-196	-221	-181	-206	-177	-202
Exceso medio sobre la interferencia admisible (dB)	16,0	-8,5	30,7	6,2	34,6	10,1
Aumento de la interferencia durante las crestas de actividad (dB)	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0
Aumento de la interferencia con niveles de potencia más elevados (dB)	5,2	5,2	4,0	4,0	7,0	7,0
Aumento de la interferencia en zonas de alta densidad (dB)	5,3	0,0	5,3	0,0	5,3	0,0
Exceso sobre la interferencia admisible, en el caso más desfavorable (dB)	31,5	1,7	45,0	15,2	51,8	22,1

La interferencia se integra sobre una distancia que abarca de 1 a 10 km en torno a la estación para la que puede suponerse una conexión de visibilidad directa. Para la mayoría de los emplazamientos de la estación, no puede excluirse que las estaciones móviles se aproximen incluso a menos de 1 km. Es evidente que se recibirá interferencia adicional de terminales móviles más distantes pero para simplificar éstas no se toman en cuenta aquí. La ganancia de antena varía con el ángulo azimutal y se ha integrado sobre 360° a fin de obtener un valor medio.

La interferencia acumulativa está determinada por:

$$P_{\Sigma i} = \int_{x=d_1}^{d_2} \frac{md_a P_i B_i dA_{(x)}}{B_m} dx = \frac{md_a E_i c^2}{(4\pi f)^2 B_m} \int_{x=d_1}^{d_2} \frac{dA_{(x)}}{x^2} dx$$

$$A_{(x)} = \pi x^2$$

$$\frac{dA_{(x)}}{dx} = 2\pi x$$

$$P_{\Sigma i} = \frac{md_a E_i c^2}{8\pi f^2 B_m} [\ln(d_2) - \ln(d_1)]$$

donde:

md_a : densidad media de estaciones móviles

d_1 : radio mínimo en torno a la estación

d_2 : radio máximo en torno a la estación.

En los Cuadros 3a y 3b se proporcionan los resultados detallados para los servicios espaciales considerados. El caso más desfavorable se da cuando una unidad móvil transmite en la dirección del haz principal. Se supuso que una estación única que transmitiese a una distancia de 10 km era representativa, aunque es posible una distancia mucho menor. La conclusión principal es que, ya con una especificación de ganancia de antena media de algunos dBi en torno a su posición y con el cálculo de interferencia simplificado, desfavorable para los servicios espaciales, los niveles de interferencia excesiva son varios órdenes de magnitud mayores que los niveles admisibles, lo que hace imposible la compartición.

5.3 Enlace espacio-espacio (2 025-2 110 MHz)

El caso más crítico de esta categoría es el enlace entre un satélite geostacionario, por ejemplo de retransmisión de datos, y un satélite en órbita baja. La altitud de la órbita de estos últimos se sitúa típicamente entre 250 y 1 000 km.

Tal enlace es, por ejemplo, representativo de un transbordador espacial tripulado situado en una órbita de alrededor de 400 km de altitud. Es imperativo que este vehículo cuente con una antena omnidireccional a fin de permitir instrucciones y comunicaciones seguras en todas las fases del vuelo y en particular en situaciones de urgencia.

Debido a las limitaciones de la densidad de flujo de potencia en la Tierra, existe también un límite para la p.i.r.e. que el satélite de retransmisión de datos puede radiar hacia ésta, es decir, hacia el satélite de órbita baja. Esto conduce a márgenes muy estrechos para el enlace. La interferencia, incluso de bajo nivel, es extremadamente crítica.

Los niveles de interferencia calculados son tan elevados que todos los enlaces de datos o comunicaciones a satélites de órbita baja quedarían totalmente interrumpidos. No es viable un aumento de la p.i.r.e. en el satélite geostacionario transmisor debido a las restricciones de la densidad de flujo de potencia. Por consiguiente, la compartición con estaciones móviles terrestres es imposible.

En el Cuadro 4 pueden verse los resultados detallados.

CUADRO 3
Enlaces espacio-Tierra (2 200-2 290 MHz)

Cuadro 3a: Servicio de operaciones espaciales	Estación personal en interiores		Estación personal en exteriores		Estación móvil
	24,0	7,5	24,0	7,5	
Ganancia horizontal media de la estación terrena (5,5 m) (dBi)					7,5
Ganancia horizontal máxima de la estación terrena (3°) (dBi)					0,560
Unidades activas por km ² (E/km ²)					0,0001
Densidad de unidades activas por canal por km ² p.i.r.e. de una unidad FSPTMT (W)	0,003	0,003	0,020	0,020	1,000
Densidad de p.i.r.e. de una unidad FSMTPT (dB(W/Hz))	-72,2	-72,2	-64,0	-64,0	-44,0
Densidad de interferencia admisible a la entrada del receptor (dB(W/kHz))	-184,0	-184,0	-184,0	-184,0	-184,0
Densidad de interferencia admisible a la entrada de la antena (dB(W/kHz))	-208,0	-191,5	-208,0	-191,5	-140,9
Interferencia de unidades entre 1 y 10 km (dB(W/kHz))					
Interferencia de una unidad a 10 km de distancia (visibilidad directa) (dB(W/kHz))	-161,5	-152,4	-153,3	-144,7	-140,9
Exceso sobre la interferencia admisible (dB)	46,5	39,1	54,7	46,8	50,6

Cuadro 3b: Investigación espacial	Estación personal en interiores		Estación personal en exteriores		Estación móvil
	14,5	2,4	14,5	2,4	
Ganancia horizontal media de la estación terrena (1,5 m) (dBi)					2,4
Ganancia horizontal máxima de la estación terrena (5°) (dBi)					0,560
Unidades activas por km ² (E/km ²)					0,0001
Densidad de unidades activas por canal por km ² p.i.r.e. de una unidad FSPTMT (W)	0,003	0,003	0,020	0,020	1,000
Densidad de p.i.r.e. de una unidad FSMTPT (dB(W/Hz))	-72,2	-72,2	-64,0	-64,0	-44,0
Densidad de interferencia admisible a la entrada del receptor (dB(W/Hz))	-220,0	-220,0	-220,0	-220,0	-220,0
Densidad de interferencia admisible a la entrada de la antena (dB(W/Hz))	-234,5	-222,4	-234,5	-222,4	-222,4
Interferencia de unidades entre 1 y 10 km (dB(W/Hz))					
Interferencia máxima de una unidad a 10 km de distancia (dB(W/Hz))	-191,5	-182,4	-183,3	-174,7	-170,9
Exceso sobre la interferencia admisible (dB)	43,0	40,0	51,2	47,7	51,5

CUADRO 4
Enlaces espacio-espacio (2 025-2 110 MHz)

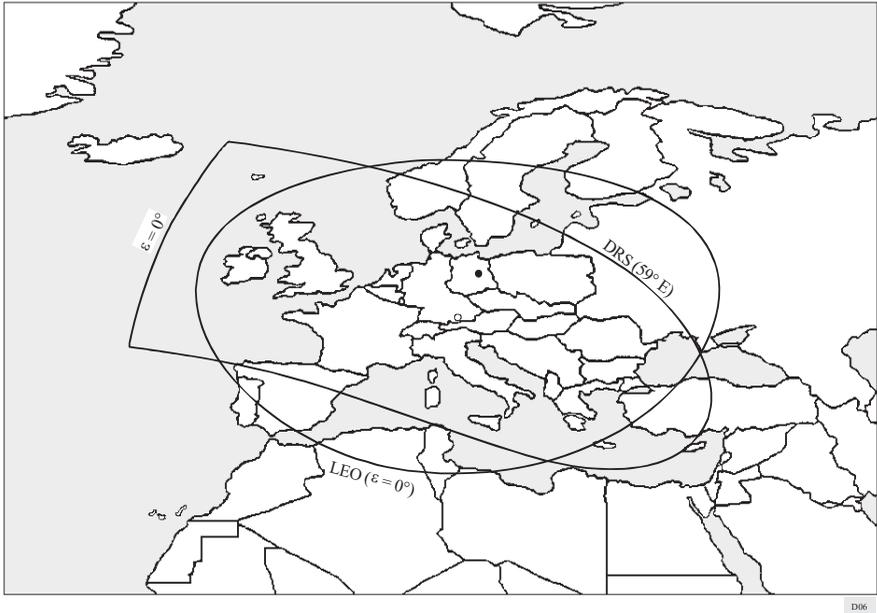
	Estación personal en interiores		Estación personal en exteriores		Estación móvil	
	250	750	250	750	250	750
Altitud de la órbita del satélite (km)	0,003	0,003	0,020	0,020	1,00	1,00
p.i.r.e. de una unidad FSMTPPT (W)	50,0	50,0	50,0	50,0	25,0	25,0
Anchura de banda de canal para las comunicaciones vocales (kHz)	-72,2	-72,2	-64,0	-64,0	-44,0	-44,0
Densidad de p.i.r.e. de una unidad FSMTPPT (dB(W/Hz))	146,7	156,2	146,7	156,2	156,2	156,2
Pérdida en el espacio (dispersion) (dB)	-218,9	-228,4	-210,7	-220,2	-190,7	-200,2
Interferencia de una unidad (dB(W/Hz))	-212,0	-212,0	-212,0	-212,0	-212,0	-212,0
Densidad de interferencia admisible (dB(W/Hz))	-6,9	-16,4	1,3	-8,2	21,3	11,8
Exceso de interferencia de una unidad (dB)						
Zona de interferencia vista por el satélite (mill./km ²)	9,64	26,89	9,64	26,89	9,64	26,89
Número total de habitantes de la zona (mill.)	600	800	600	800	600	800
Porcentaje de abonados al servicio (%)	20,0	20,0	20,0	20,0	10,0	10,0
Número total medio de unidades por km ²	12,4	5,9	12,4	5,9	6,2	3,0
Porcentaje de unidades activas en la zona (%)	10,0	10,0	10,0	10,0	4,0	4,0
Unidades activas simultáneamente en la zona (mill.)	12,0	16,0	12,0	16,0	2,4	3,2
Número medio de unidades activas por km ² (E/km ²)	1,24	0,59	1,24	0,59	0,25	0,12
Anchura de banda del servicio prevista (canales vocales) (MHz)	24	24	27	27	111	111
Número de unidades activas por canal	25 000	33 333	22 222	29 630	541	721
Atenuación ambiental (edificios, árboles) (dB)	10,0	10,0	3,0	3,0	3,0	3,0
Interferencia acumulativa de todas las unidades activas (dB(W/Hz))	-196,0	-200,9	-181,3	-186,2	-177,4	-182,3
Exceso medio sobre la interferencia admisible (dB)	16,0	11,1	30,7	25,8	34,6	29,7
Aumento de la interferencia durante las crestas de actividad (dB)	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0
Aumento de la interferencia con mayores niveles de potencia (dB)	5,2	5,2	4,0	4,0	7,0	7,0
Aumento de la interferencia en zonas de alta densidad (dB)	5,3	3,0	5,3	3,0	5,3	3,0
Exceso sobre la interferencia admisible, en el caso más desfavorable (dB)	31,5	24,3	45,0	37,8	51,8	44,6

5.4 Enlace espacio-espacio (2200-2290 MHz)

Esta banda de frecuencias se utiliza para los enlaces de datos de satélites en órbita baja a satélites geoestacionarios de retransmisión de datos y para comunicaciones de corta distancia entre satélites de órbita baja y eventualmente también entre astronautas. Por consiguiente, deben tomarse en cuenta altitudes orbitales de entre 250 y 36 000 km.

En principio, son aplicables los mismos supuestos antes indicados, con la diferencia de que el satélite geoestacionario utiliza antenas de elevada ganancia para los enlaces dirigidos a los satélites de órbita baja. Se obtienen así niveles de interferencia admisible muy bajos a la entrada de la antena. La anchura del haz de la antena es típicamente de algunos grados, por lo que puede recibirse interferencia de una zona algo menor que en el caso de la órbita de 250 km. En la Fig. 6 se proporciona un ejemplo típico de la zona desde la cual recibirá interferencia un satélite de retransmisión de datos durante el seguimiento de un satélite de órbita baja.

FIGURA 6
Cobertura de una antena de satélite de retransmisión de datos y de un
vehículo en órbita terrestre baja (OTB), 250 km



En el Cuadro 5 pueden verse los resultados detallados. También en este caso la compartición es desafortunadamente imposible.

5.5 Casos más desfavorables para todos los enlaces

Los supuestos adoptados para los estudios anteriores de interferencia se basan en una distribución media de las estaciones móviles en la zona de interferencia, una actividad media, niveles de potencia mínimos para las unidades FSPTMT y una ocupación uniforme de todos los canales disponibles. Los valores de interferencia excesiva resultantes son por consiguiente cifras medias en la parte inferior de la gama.

CUADRO 5
Enlace espacio-espacio (2.200-2.290 MHz)

	Estación personal en interiores		Estación personal en exteriores		Estación móvil	
	250	36.000	250	36.000	250	36.000
Altitud de la órbita del satélite (km)	0,003	0,003	0,020	0,020	1,000	1,000
p.i.r.e. de una unidad FSMTPPT (W)	50,0	50,0	50,0	50,0	25,0	25,0
Anchura de banda de canal para las comunicaciones vocales (kHz)	-72,2	-72,2	-64,0	-64,0	-44,0	-44,0
Densidad de p.i.r.e. de una unidad FSMTPPT (dB(W/Hz))	146,7	189,8	146,7	189,8	146,7	189,8
Pérdida en el espacio (dispersion) (dB)	-218,9	-262,1	-210,7	-253,8	-190,7	-233,8
Interferencia de una unidad (dB(W/Hz))	-212,0	-247,0	-212,0	-247,0	-212,0	-247,0
Densidad de interferencia admisible (dB(W/Hz))	-6,9	-15,1	1,3	-6,8	21,3	13,2
Exceso de interferencia de una unidad (dB)						
Zona de interferencia vista por el satélite (mill./km ²)	9,64	8,00	9,64	8,00	9,64	8,00
Número total de habitantes de la zona (mill.)	600	500	600	500	600	500
Porcentaje de abonados al servicio (%)	20,0	20,0	20,0	20,0	10,0	10,0
Número total medio de unidades por km ²	62,2	62,5	62,2	62,5	62,2	62,5
Porcentaje de unidades activas en la zona (%)	10,0	10,0	10,0	10,0	4,0	4,0
Unidades activas simultáneamente en la zona (mill.)	12,0	10,0	12,0	10,0	2,4	2,0
Número medio de unidades activas por km ² (E/km ²)	1,24	1,25	1,24	1,25	0,25	0,25
Anchura de banda del servicio prevista (canales vocales) (MHz)	24	24	27	27	111	111
Número de unidades activas por canal	25.000	20.833	22.222	18.519	541	450
Atenuación ambiental (edificios, árboles) (dB)	10,0	10,0	3,0	3,0	3,0	3,0
Interferencia acumulativa de todas las unidades activas (dB(W/Hz))	-196,0	-218,9	-181,3	-211,1	-177,4	-207,3
Exceso medio sobre la interferencia admisible (dB)	16,0	27,2	30,7	34,9	34,6	38,8
Aumento de la interferencia durante las crestas de actividad (dB)	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0
Aumento de la interferencia con mayores niveles de potencia (dB)	5,2	5,2	4,0	4,0	7,0	7,0
Aumento de la interferencia en zonas de alta densidad (dB)	5,3	0,0	5,3	0,0	5,3	0,0
Exceso sobre la interferencia admisible, en el caso más desfavorable (dB)	31,5	37,4	45,0	43,9	51,8	50,8

Si el vehículo espacial pasa sobre grandes ciudades o zonas muy pobladas de Europa, la interferencia acumulativa aumentará considerablemente, debido a la más corta distancia a que se encontrarán del mismo un elevado número de estaciones móviles. Para tener en cuenta las grandes zonas urbanas y suburbanas se supuso que el 20% de todas las unidades móviles vistas desde el satélite se encuentran próximas al punto subsatélite. Esto es fácilmente posible sobre grandes ciudades como París o Londres, con densidades de tráfico de hasta 20 000 E/km² de superficie cubierta. Ello implica un aumento de la interferencia de entre 3 dB para una órbita de 750 km y 5 dB para una órbita de 250 km. En el caso de la órbita de los satélites geoestacionarios no se supuso ningún aumento, ya que es improbable que pueda encontrarse cerca del ecuador una concentración muy elevada de estaciones móviles.

También puede producirse a veces

un aumento de la interferencia con las crestas de actividad. Cabe suponer que la densidad de tráfico puede llegar a triplicarse. Esto conduce a un posible aumento de la interferencia de entre 4 y 7 dB. Otra razón de una mayor interferencia sería la ocupación desigual de los canales, pero esto es difícil de estimar y no se ha tenido en cuenta en el presente estudio.

Es posible concluir que, para el enlace Tierra-espacio y los dos enlaces espacio-espacio, la interferencia del caso más desfavorable puede ser entre 9 y 16 dB mayor que el valor medio.

La situación para el enlace espacio-Tierra es ligeramente diferente. El caso más desfavorable sería el de un transmisor móvil en la vecindad de la estación, cerca de la dirección del haz principal. Si se supone una distancia de 10 km entre esa estación y la estación terrena, el nivel de interferencia correspondiente se situaría entre 43 y 75 dB por encima de los niveles de protección especificados.

6 Conclusiones

Seguidamente se proporciona un breve resumen de las cifras de exceso de interferencia para todos los enlaces analizados en el Cuadro 6. El valor inferior se basa en el exceso de interferencia medio. El valor superior tiene en cuenta los casos más desfavorables, a causa del aumento de la densidad de estaciones móviles en zonas muy pobladas, de límites más elevados de la potencia de funcionamiento especificada y del mayor número de comunicaciones en las crestas de actividad. No se ha considerado la ocupación desigual de los canales, aunque ésta es otra causa de aumento de la interferencia.

CUADRO 6

Resumen de la interferencia para todos los enlaces y todas las unidades móviles consideradas

Exceso de interferencia (dB)	Estación personal en interiores	Estación personal en exteriores	Estación móvil
Tierra-espacio (2 025-2 110 MHz)	16-32	31-45	35-52
Espacio-Tierra (2 200-2 290 MHz)	39-47	47-55	51-75
Espacio-espacio (2 025-2 110 MHz)	16-32	31-45	35-52
Espacio-espacio (2 200-2 290 MHz)	27-37	35-45	39-52

Se ha presentado un análisis de la interferencia entre sistemas móviles terrestres de tipo FSPTMT y los servicios de operaciones espaciales, investigación espacial y exploración de la Tierra. En ninguno de los tipos de enlaces considerados en la presente Recomendación, es posible la compartición con estos sistemas móviles de alta densidad u otros similares. Los niveles de interferencia resultantes son mayores en órdenes de magnitud que los niveles admisibles especificados en el RR y en las Recomendaciones UIT-R.

Anexo 2

Resumen de estudios de las características de los sistemas móviles que facilitan la compatibilidad de radiofrecuencias con los servicios científicos espaciales

1 Introducción

En el presente Anexo se resumen los resultados de estudios relativos a las características técnicas y de explotación de sistemas móviles que podrían ser compatibles con los sistemas de IE, OE y ETS que funcionan en las bandas 2025-2110 MHz y 2200-2290 MHz.

Las características de los sistemas móviles que facilitan la compartición son las siguientes:

- emisiones de baja densidad espectral de potencia,
- transmisiones de naturaleza intermitente,
- utilización de antenas transmisoras directivas,
- número de estaciones móviles autolimitado por la naturaleza de la aplicación.

En los puntos siguientes se presentan estudios relativos a los diferentes conjuntos de supuestos y gamas de valores correspondientes a estas características generales. A fin de definir mejor el entorno de interferencia se necesitarían nuevos estudios de la compatibilidad entre sistemas móviles y sistemas científicos espaciales en las bandas 2025-2110 MHz y 2200-2290 MHz.

2 Resumen de los estudios de la p.i.r.e. y de la ganancia de antena

El establecimiento de requisitos técnicos para el servicio móvil en las bandas 2025-2110 MHz y 2200-2290 MHz condujo a la propuesta de un límite de p.i.r.e. de 28 dBW, junto con una ganancia de antena mínima de 24 dBi a fin de facilitar la compartición con los servicios científicos espaciales. Se realizaron estudios del efecto de interferencia de tales sistemas sobre el servicio de investigación espacial.

El modelo utilizado en el estudio suponía una distribución global y uniforme de terminales móviles directivos con ganancias de antena situadas entre 22 y 26,5 dBi y p.i.r.e. de entre 28 y 37 dBW. Se tomaron en consideración altitudes orbitales de los satélites de entre 250 km y 36 000 km.

El estudio mostró que las actividades científicas espaciales en la banda 2200-2290 MHz son considerablemente más susceptibles a la interferencia que las realizadas en la banda 2025-2110 MHz. Se efectuó un análisis de sensibilidad de la ganancia de antena. Para el caso de niveles de p.i.r.e. constantes, la probabilidad de interferencia disminuye con el aumento de la ganancia de antena de la manera indicada en la Fig. 7. En la Fig. 7 se muestra también un incremento no lineal de la probabilidad de interferencia con el aumento lineal de la p.i.r.e.

En el estudio se llegó finalmente a la conclusión de que el límite de la p.i.r.e. propuesto, de 28 dBW, junto con una ganancia de antena superior a 24 dBi, constituyen disposiciones suficientes para permitir la compartición con alrededor de 1 000 sistemas móviles del tipo descrito en todo el mundo.

3 Resumen de un estudio de la interferencia causada por ciertos sistemas móviles

Se ha efectuado un estudio en el que se consideraron cuatro posibles escenarios relativos a la interferencia que se causaría a los sistemas de los servicios científicos espaciales, tal como se indica en el Cuadro 7.

Seguidamente se examinan las características de los sistemas utilizadas en el estudio.

3.1 Características de los sistemas

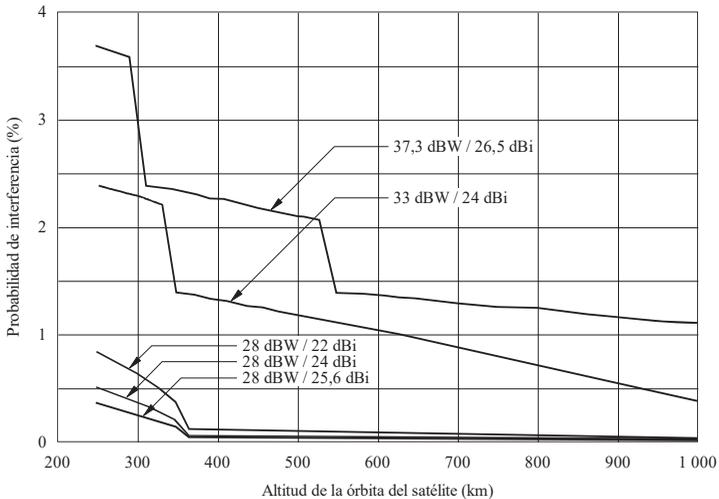
3.1.1 Características de recepción

3.1.1.1 Satélite de retransmisión de datos

Antena receptora (que ha de efectuar el seguimiento de un satélite de órbita baja cuando esté visible):

- Ganancia de puntería = 34 dBi;
- Características fuera del eje según el diagrama de radiación de referencia para haces circulares de alimentación única (nivel de lóbulo lateral próximo de -20 dB) según lo definido en la Recomendación UIT-R S.672.

FIGURA 7
Probabilidad de interferencia para sistemas de periodismo electrónico de diferentes características



1 000 sistemas de periodismo electrónico
 Actividad de 10 %

D07

CUADRO 7

	2 025-2 110 MHz	2 200-2 290 MHz
Servicios espaciales de retransmisión de datos	Espacio-espacio (Ida) (1)	Espacio-espacio (Retorno) (3)
Servicios espaciales directos con la Tierra	Tierra-espacio (2)	Espacio-Tierra (4)
Móviles	Directivos (periodismo electrónico)	Omnidireccional

3.1.1.2 Satélite en órbita terrestre baja (que apunta al satélite de retransmisión de datos)

Antena receptora (que ha de efectuar el seguimiento del satélite geostacionario de retransmisión de datos cuando esté visible):

- Ganancia de puntería = 25 dBi;
- Características fuera del eje según el diagrama de radiación de referencia para haces circulares de alimentación única (nivel de lóbulo lateral próximo de -20 dB) según lo definido en la Recomendación UIT-R S.672;
- Altitud de la órbita = 300 km;
- Inclinación = 29° .

3.1.1.3 Satélite en órbita terrestre baja (que apunta a la Tierra)

Antena receptora omnidireccional (ganancia = 0 dBi);

- Altitud de la órbita = 300 km;
- Inclinación = 29° .

3.1.1.4 Estación terrena

Antena receptora (que ha de efectuar el seguimiento del satélite de órbita baja cuando esté visible):

- Ganancia de puntería = 45 dBi;
- Características fuera del eje según lo definido en los Apéndices 28 y 29 del RR.

3.1.2 Características de transmisión

3.1.2.1 Terminal móvil (directivo) – Periodismo electrónico

- Ganancia de puntería de la antena = 25 dBi;
- Densidad espectral de potencia en la antena = -38 dB(W/kHz);
- Características fuera del eje según lo definido en los Apéndices 28 y 29 del RR.

3.1.2.2 Terminal móvil (omnidireccional)

- Ganancia de antena = 0 dBi;
- Densidad espectral de potencia en la antena = -42 dB(W/kHz).

3.2 Resumen y conclusiones

Se evaluaron cuatro configuraciones geométricas (A-D) para los escenarios indicados en el Cuadro 7, con las características técnicas también indicadas. Los resultados de un análisis probabilístico se resumen en el Cuadro 8.

CUADRO 8

Referencia	Caso	Nivel máximo de interferencia relativo al criterio (dB)	Porcentaje de probabilidad de que se rebase el criterio (%)
1 A 1 B 1 C 1 D	Periodismo electrónico a satélite de órbita baja (que apunta hacia un satélite de retransmisión de datos)	+ 31,0 + 7,5 + 6,5 + 6,5	0,65 0,20 0,15 0,15
2 A 2 B 2 C 2 D	Periodismo electrónico a satélite de órbita baja (que apunta hacia la Tierra)	+ 2,5 + 2,5 + 2,5 + 2,5	0,20 0,04 0,045 0,035
3 A 3 B 3 C 3 D	Omni a satélite de retransmisión de datos	- 16,5 - 16,5 - 15,0 - 15,0	2,50 ⁽¹⁾ 1,50 ⁽¹⁾ 0,15 ⁽¹⁾ 0,50 ⁽¹⁾
4 A 4 B	Omni a estación terrena	+ 48,5 + 48,0	1,00 0,55

(1) Probabilidad de nivel máximo de interferencia.

3.2.1 Interferencia causada por estaciones móviles directivas a un satélite en órbita baja (que apunta hacia un satélite de retransmisión de datos) en la banda 2025-2110 MHz

Los valores del Cuadro 8 parecen indicar que un solo terminal de periodismo electrónico en distintas configuraciones geométricas puede rebasar los criterios de protección aplicables. No obstante, en la mayoría de las configuraciones, si la potencia del transmisor de periodismo electrónico se disminuyese en 1 dB, la probabilidad de rebasar los criterios de protección disminuiría al 0,1%. Esto, evidentemente, no se aplicaría a las configuraciones geométricas más críticas y, por tanto, puede haber que establecer ciertas limitaciones al emplazamiento de los terminales terrenales de periodismo electrónico.

3.2.2 Interferencia causada por estaciones móviles directivas a un satélite de órbita baja (que apunta hacia la Tierra) en la banda 2025-2110 MHz

Los resultados parecen indicar que serían admisibles dos o tres terminales en un mismo canal geográficamente separados. Esto se traduciría en una comunidad aceptable de entre 100 y 150 terminales de periodismo electrónico, si no se considera la geometría del caso más desfavorable.

3.2.3 Interferencia causada por estaciones móviles omnidireccionales a un satélite geoestacionario de retransmisión de datos (que efectúa el seguimiento de un satélite de órbita baja) en la banda 2200-2290 MHz

Los valores indicados en el Cuadro 8 muestran que los niveles de potencia interferente causados por un terminal omnidireccional único se hallan claramente dentro de los criterios admisibles. No obstante, las probabilidades de que se produzcan estos niveles son elevadas y, por tanto, múltiples terminales podrían crear niveles totales de interferencia que, aunque apenas rebasaran los niveles de potencia admisibles, los rebasarían gran número de veces en términos de probabilidad de ocupación.

3.2.4 Interferencia causada por estaciones móviles omnidireccionales a una estación terrena (que efectúa el seguimiento de un satélite de órbita baja) en la banda 2200-2290 MHz

Si se supone que no hay visibilidad directa, de modo que la pérdida básica de transmisión obedece a la ley inversa cúbica, un terminal omnidireccional puede funcionar dentro de un radio de 0,5 km de una estación terrena (con una elevación mayor de 5°).

Anexo 3

Descripción de ciertos sistemas de periodismo electrónico (PE) que funcionan en las bandas 2025-2 110 MHz

1 Introducción

En el presente Anexo se proporciona información acerca de las particulares características técnicas y de explotación que presentan por determinados sistemas PE de una administración, y que pueden facilitar la compartición con los servicios IE, OE y ETS.

2 Características y descripción de los sistemas PE

Los sistemas PE comprenden tanto equipos portátiles - llamados de «punto de vista» – como equipos transportables, los que suministran imágenes de una variedad de lugares y actividades. Los sistemas PE se utilizan para la cobertura de sucesos o entrevistas in situ, o la transmisión en directo de eventos deportivos o de otra naturaleza. Dado el valor del vídeo directo, la mayoría de las estaciones locales de televisión de zonas urbanas de los Estados Unidos de América emplean equipos PE. Los sistemas PE transportables, utilizados para la cobertura in situ, van generalmente montados en furgonetas y funcionan en modo estacionario para la transmisión de vídeo a un lugar de recepción fijo. Estos sistemas proporcionan movilidad para la cobertura de noticias en toda una región.

3 Sistemas y entornos PE

Existen dos modos corrientes de explotación:

3.1 Equipos transportables

Los sistemas PE transportables descritos en la sección anterior se utilizan en reportajes vídeo transmitidos en directo o grabados, para la difusión de noticias, deportes y programas de esparcimiento. Van montados generalmente en furgonetas y utilizan transmisores con una potencia de alrededor de 10,8 dBW. Se sirven de antenas directivas con una ganancia de 20-22 dBi instaladas en un mástil neumático de hasta 15 m de altura, y pueden emplear polarización lineal o circular para obtener protección adicional contra la interferencia recíproca. Muchos sistemas PE (probablemente del 30 al 50%) transmiten con una pérdida de línea de transmisión de hasta 5 dB.

3.2 Equipos de «punto de vista»

Se emplean también transmisores de microondas pequeños y livianos para los casos en que se requiere especial movilidad o proximidad, tanto por el deseo de transmitir imágenes en directo como por la dificultad de utilizar magnetoscopios que no cumplen los requisitos de tamaño y robustez. Estos transmisores funcionan generalmente con una potencia de hasta 5 dBW. Utilizan esencialmente antenas omnidireccionales con un ganancia de 0 a 3 dBi y también pueden emplear polarización lineal o circular.

Los pequeños sistemas de este tipo funcionan generalmente en lugar del sistema transportable, más bien que añadido a éste en el mismo canal. De ordinario no pueden funcionar simultáneamente con los equipos transportables, ya que éstos causan excesiva interferencia a sus receptores.

En el Cuadro 9 pueden verse las características de sistemas PE típicos que funcionan en la banda 2025-2 110 MHz.

CUADRO 9

Sistemas PE a 2 GHz típicos utilizados en los Estados Unidos de América

Tipo de utilización	Ubicación del transmisor	Potencia de transmisión	Ganancia de antena (dBi)	Ubicación del receptor
PE transportable (furgoneta)	Mástil de la furgoneta	12 W	22	Torre
Enlace fijo temporal	Techo	12 W	25	Techo
Congresos	Piso de la sala de congresos	100 mW	0-5	Cambios de la sala
«Punto de vista» (por ejemplo, esquiador)	Sobre el cuerpo o el casco	100 mW	0	Ladera o helicóptero
Campos de deporte				
Terreno de juego	Campo	1 W	12	Tribuna de la prensa
Campo de golf (sistema 1)	En el campo	3 W	16	Globo amarrado
Campo de golf (sistema 2)	En el campo	12 W	12	Grúa
Pista de carreras	Automóvil	3 W	7	Helicóptero
Helicóptero	Helicóptero retransmisor	12 W	7	En tierra
Carreras de larga distancia				
Motocicleta	Motocicleta	3 W	7	Helicóptero
Vehículo retransmisor	Camioneta	12 W	12	Helicóptero
Helicóptero	Helicóptero retransmisor	12 W	7	Techo

4 Características de funcionamiento

Todos los sistemas PE no pueden funcionar simultáneamente. Dada su sensibilidad a la interferencia, sólo es posible generalmente una transmisión por canal para un mismo lugar de recepción. En la mayoría de los mercados de televisión de Estados Unidos de América existen múltiples lugares de recepción que permiten transmisiones simultáneas por un mismo canal, pero incluso en los mercados extensos, sólo son posibles por lo general seis transmisiones simultáneas por el canal más activo, y en la mayor parte de los mercados ese número no excede de dos. Raramente se efectúan más de dos transmisiones cocanal simultáneas. En realidad, sólo existen múltiples lugares de recepción de sistemas PE en los mercados de televisión mayores, por lo que de ordinario las regiones tienen poca o ninguna actividad cocanal simultánea de periodismo electrónico.

Aunque se utilizan durante todo el día, los sistemas PE transportables funcionan principalmente en el curso de los programas de noticias locales de los días de semana, que en general se transmiten aproximadamente de 1200 a 1230, de 1700 a 1900 y de 2300 a 2330, hora local. En la mayoría de los mercados el uso del PE es también considerable antes de los programas de noticias de la tarde de 1500 a 1700 horas aproximadamente. La popularidad de los programas locales matinales de espectáculos, de 0600 a 0900 está aumentando en varios mercados, y estos programas también utilizan sistemas PE. Los transmisores PE transportables funcionan aproximadamente dos veces por día. Los ingenieros de radiodifusión estiman que en promedio las transmisiones duran 15 min, aunque en algunos casos sólo son de 5 min y en otros quizás de hasta 5 h.

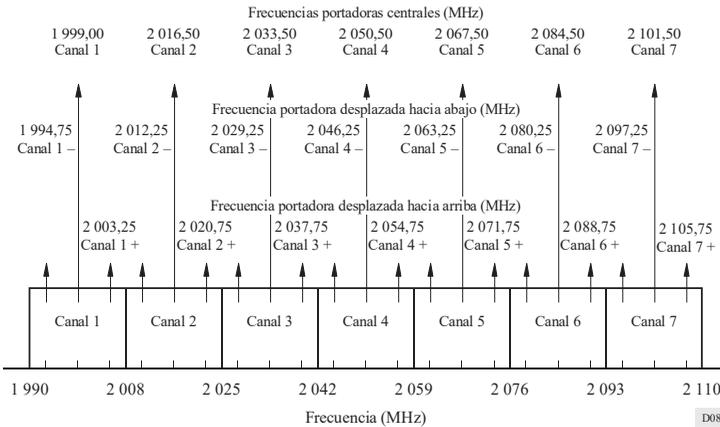
5 Características y utilización del espectro

La banda principal utilizada para el PE es 1990-2110 MHz, por sus favorables características de propagación. Entre éstas se cuentan niveles más bajos de atenuación por el follaje que los que se producen a frecuencias más elevadas y la capacidad de hacer «rebotar» una señal en un edificio a fin de establecer un enlace temporal con un lugar de recepción fijo, a pesar de un bloqueo inevitable del trayecto.

En los Estados Unidos de América la banda de frecuencias PE está dividida en 7 canales de 17 MHz cada uno, excepto el primero que es de 18 MHz, como se muestra en la Fig. 8. Los sistemas PE funcionan de ordinario en el centro de cada canal, pero también se utilizan canales desplazados hacia abajo y hacia arriba. Son posibles, por tanto, 21 frecuencias portadoras, pero no todas éstas pueden utilizarse simultáneamente. Los sistemas PE pueden funcionar en el canal central, en el canal inferior, en el canal superior, o en los canales inferior y superior simultáneamente, según las necesidades y la utilización del canal adyacente en ese momento. Dado que estos sistemas son sensibles a la interferencia, sólo es posible generalmente una transmisión por canal para un mismo lugar de recepción.

Los sistemas PE emplean modulación de frecuencia (MF) para la transmisión de vídeo. La portadora casi nunca se transmite sin modular en trama ráster.

FIGURA 8
Plan de canales PE en uso en los Estados Unidos de América



Anexo 4

Descripción de ciertos sistemas móviles aeronáuticos de teledividida que funcionan en la banda 2200-2290 MHz

1 Introducción

Los sistemas móviles aeronáuticos de teledividida que utiliza una administración consisten en un pequeño número de transmisores controlados, que funcionan durante breves periodos en un reducido número de zonas determinadas.

El número de sistemas transmisores que funcionan simultáneamente dentro de cualquier radio de 1000 km raramente excede de 15. La p.i.r.e. máxima en la dirección de un satélite en cualquier anchura de banda de 3 MHz dentro de cualquier radio de 1000 km, raramente excederá de 10 W.

2 Características técnicas de los sistemas móviles aeronáuticos de teledividida

Desde los últimos años del decenio de 1960 la teledividida aeronáutica viene utilizando la banda de 2200-2290 MHz para la prueba de cohetes, vehículos de lanzamiento espacial, vehículos aéreos y subsistemas de los mismos. La duración de la mayoría de estas pruebas es inferior a 10 min, aunque algunas pueden durar varias horas. Las operaciones de teledividida pueden efectuarse a cualquier hora del día, aunque la utilización máxima corresponde a las horas de luz. La mayoría de las pruebas de vuelos se realizan en uno (o más) de los campos de pruebas utilizados por el Gobierno de los Estados Unidos de América.

Las características de los sistemas transmisores de teledividida se optimizan para el vehículo que se ha de probar. Por ello, varían considerablemente de un vehículo a otro. No existe un sistema de transmisión «típico». La potencia radiada aparente de esos sistemas es generalmente de entre 1 y 5 W. El nivel de potencia necesario está determinado por la cantidad de información que ha de transmitirse, la distancia máxima entre los sistemas transmisor y receptor, la calidad necesaria de los datos y la sensibilidad del sistema receptor. Las antenas transmisoras utilizan generalmente polarización lineal y se diseñan típicamente para una cobertura casi isotropa, ya que la orientación del vehículo probado con respecto a la antena receptora puede cambiar muy rápidamente. Dado que esta antena sigue al vehículo en vuelo, se produce grandes variaciones en los niveles de la señal en el receptor. Estos «desvanecimientos» son causados por los puntos de señal nula en el diagrama de la antena del vehículo y las anomalías de propagación, como los fenómenos de trayectos múltiples y de conductos. La disminución del nivel de la señal durante los desvanecimientos puede ser mayor de 30 dB. Es menester, pues, que la señal recibida esté considerablemente por encima del umbral durante las condiciones de vuelo óptimas, para evitar la pérdida de datos durante los desvanecimientos.

Los formatos y velocidades de los datos de teledividida varían considerablemente de un vehículo a otro. La mayoría de los sistemas utilizan modulación de frecuencia o de fase. La entrada al transmisor puede ser digital, analógica o una combinación de ambas técnicas. Las anchuras de banda correspondientes al 99% de potencia de los sistemas varían de menos de 1 MHz a más de 10 MHz.

La relación señal/ruido necesaria antes de la detección para que la calidad de datos sea aceptable, varía de 9 a 15 dB. La distancia máxima entre el vehículo probado y la estación receptora de teledividida es generalmente de entre 20 y 400 km (aunque en algunas pruebas supera los 3000 km). Las anchuras de banda típicas del receptor van de 0,5 a 10 MHz (si bien estos valores están aumentando). Las temperaturas de ruido de los sistemas receptores oscilan entre 200 K y 500 K.

Las ganancias del lóbulo principal de las antenas receptoras van de 6 dBi, en algunos sistemas móviles de corto alcance, a más de 50 dBi en el caso de las antenas de gran tamaño. Las antenas mayores siguen automáticamente el vehículo probado mientras que las más pequeñas (con un ganancia inferior a 20 dBi) generalmente deben orientarse en la dirección del transmisor. Los lóbulos laterales de las antenas receptoras dependen del tamaño y el diseño de ésta. La mayoría de esas antenas tienen diámetros de 2,44 a 10 m.

3 Consideraciones relativas al espectro

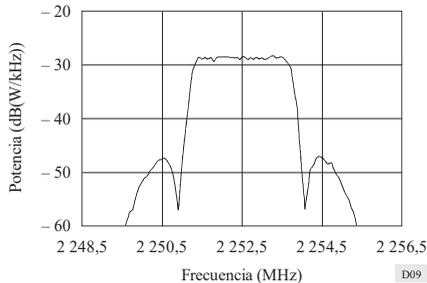
Los proveedores de sistemas móviles aeronáuticos de teledifusión de los Estados Unidos de América han dividido esta banda en 90 canales, de 1 MHz de anchura cada uno. Cuando se necesita una anchura de banda mayor, se asignan juntos múltiples canales.

Las operaciones de teledifusión aeronáutica están protegidas actualmente por la coordinación entre los distintos usuarios. El territorio de los Estados Unidos de América está dividido en zonas de coordinación. En cada zona, los coordinadores de las frecuencias asignan y programan la utilización de éstas.

Existe la posibilidad de una interferencia considerable con las estaciones terrenas que funcionan en el mismo lugar en que operan transmisores de teledifusión aeronáutica en la banda 2 200-2 290 MHz. Este problema se atenúa controlando el tiempo, la frecuencia y el lugar de las transmisiones de cada servicio en esta banda. Los centros de control de la interferencia pueden introducir cambios en tiempo real y localizan e identifican cualquier transmisión no autorizada.

En la Fig. 9 puede verse una muestra de densidad espectral de potencia radiada. Esta corresponde a la densidad espectral de potencia nominal de un sistema de teledifusión, que no puede considerarse típica, ni representa el caso más favorable o más desfavorable, y sólo se incluye como ejemplo de las características espectrales del tipo más común de sistema móvil aeronáutico de teledifusión actualmente utilizado. Algunos sistemas móviles aeronáuticos de teledifusión pueden tener componentes espectrales discretos en algunas partes de un vuelo de prueba, por lo que las densidades espectrales máximas (dB(W/kHz)) pueden ser considerablemente mayores que los valores indicados en la Fig. 9.

FIGURA 9
Muestra de espectro



La potencia radiada total máxima radiada en cualquier dirección por los sistemas móviles aeronáuticos de teledifusión dentro de un radio de 1 000 km será inferior a 100 W en la banda 2 200-2 290 MHz. La potencia radiada total máxima en cualquier anchura de banda de 3 MHz raramente rebasará 10 W en cualquier dirección, en un radio cualquiera de 1 000 km.

RECOMENDACIÓN UIT-R M.1171-1*

Procedimientos de radiotelefonía en el servicio móvil marítimo

(1995-2023)

Alcance

En la presente Recomendación se describen los procedimientos de radiotelefonía para las llamadas de rutina en el servicio móvil marítimo.

Palabras clave

Rutina, llamada, SMSSM, radiotelefonía, servicio móvil marítimo

Abreviaturas/Glosario

RR Reglamento de Radiocomunicaciones

VHF Ondas métricas (*very high frequency*)

Recomendaciones de la UIT conexas

UIT-R M.493 – Sistema de llamada selectiva digital para el servicio móvil marítimo

UIT-R M.541 – Procedimientos de explotación para la utilización de equipos de llamada selectiva digital en el servicio móvil marítimo

La Asamblea de Radiocomunicaciones de la UIT,

considerando

a) que es necesario describir procedimientos normalizados para la comunicación por radiotelefonía del servicio móvil marítimo,

recomienda

que los procedimientos de radiotelefonía para llamadas de rutina en el servicio móvil marítimo deberían ajustarse a lo dispuesto en el Anexo.

Anexo**Sección I – Llamadas por radiotelefonía**

1 Las disposiciones de la presente sección relativas a los intervalos entre las llamadas no serán aplicables a las estaciones cuando trabajen en condiciones de socorro, urgencia o seguridad.

* Esta Recomendación debe señalarse a la atención de la Organización Marítima Internacional (OMI) y del Sector de Normalización de las Telecomunicaciones (UIT-T).

Nota de la Secretaría: Las referencias al Reglamento de Radiocomunicaciones (RR) que figuran en esta Recomendación hacen referencia al RR revisado por la Conferencia Mundial de Radiocomunicaciones de 1995. Estos elementos relativos a dicho RR entrarán en vigor el 1.º de junio de 1998. En algunos casos, las referencias equivalentes al actual RR figuran también entre corchetes.

2) 1) Por regla general, compete a la estación de barco el establecimiento de la comunicación con la estación costera. A este efecto, la estación de barco no podrá llamar a la costera, sino después de haber entrado en la zona de servicio; es decir, en la zona en la que la estación de barco, utilizando una frecuencia adecuada, pueda ser oída por la estación costera.

2) Sin embargo, si una estación costera tuviera tráfico destinado a una estación de barco podrá llamar a esta cuando pueda suponer, con fundamento, que la estación de barco está a la escucha y dentro de la zona de servicio de la estación costera.

3) 1) Además, siempre que sea prácticamente posible, cada estación costera debería transmitir sus llamadas en forma de «listas de llamada», constituidas por los distintivos de llamada o por otras señales de identificación, clasificados por orden alfabético, de las estaciones de barco para las que tenga tráfico pendiente. Estas llamadas deberían efectuarse durante las horas específicas fijadas en el horario de transmisión de la estación costera que figura en el Nomenclátor de las estaciones costeras y de las estaciones de servicios especiales y con intervalos no inferiores a dos horas ni superiores a cuatro.

2) Las estaciones costeras deberían transmitir sus listas de llamada en sus frecuencias normales de trabajo de las bandas adecuadas. Esta transmisión debería ir precedida de una llamada general.

3) La llamada general que anuncia la lista de llamada podrá transmitirse en una frecuencia de llamada, en la forma siguiente:

- «A TODAS LAS ESTACIONES» tres veces a lo sumo;
- la palabra «AQUÍ»;
- «... RADIO» tres veces a lo sumo;
- «ESCUCHEN MI LISTA DE LLAMADA EN ... kHz».

Este preámbulo no podrá repetirse en ningún caso.

4) No obstante, en las bandas comprendidas entre 156 MHz y 174 MHz, la llamada descrita en el § 3, 3) cuando las condiciones para el establecimiento de la comunicación son buenas, puede ser reemplazada por:

- «A TODAS LAS ESTACIONES»;
- la palabra «AQUÍ»;
- un distintivo de llamada o el nombre geográfico del lugar, tal y como aparezca en el Nomenclátor de las estaciones costeras y de las estaciones que efectúan servicios especiales, seguido preferentemente de la palabra RADIO o de cualquier otra indicación apropiada (véanse los números **19.73** y **19.74** del RR) dos veces;
- «ESCUCHEN MI LISTA DE LLAMADA EN ... kHz».

Este preámbulo no podrá repetirse en ningún caso.

5) Lo dispuesto en el § 3, 3) será obligatorio cuando se utilicen las frecuencias de 2 182 kHz y 156,8 MHz.

6) Las horas en que las estaciones costeras transmitan sus listas de llamada y las frecuencias y clases de emisión que utilicen a estos efectos deberían indicarse en el Nomenclátor de las estaciones costeras y de las estaciones de servicios especiales, previa notificación a la UIT por parte de la administración que tenga jurisdicción sobre la estación costera.

7) Conviene que, en la medida de lo posible, las estaciones de barco estén a la escucha de las listas de llamada transmitidas por las estaciones costeras. Cuando oigan su distintivo de llamada o su señal de identificación en dicha lista, las estaciones de barco deben ponerse en contacto con las estaciones costeras adecuadas tan pronto como puedan.

8) Cuando no sea posible cursar inmediatamente el tráfico, la estación costera debería comunicar a cada estación de barco interesada la hora probable en que podrá comenzar el trabajo, así como, si fuere necesario, la frecuencia y la clase de emisión que utilizará.

4 Si una estación costera recibiera casi simultáneamente llamadas de varias estaciones de barco, decidirá el orden en que dichas estaciones podrán transmitirle su tráfico. Su decisión a este respecto debería basarse en el orden de prioridad (véase el número **53.1** del RR) de las comunicaciones pendientes de transmisión en las estaciones de barco, y en la necesidad de facilitar a cada estación que llame la posibilidad de cursar el mayor número posible de comunicaciones.

5 1) En el caso de que una estación llamada no respondiera a la llamada emitida tres veces con intervalos de dos minutos, la llamada debería suspenderse.

2) No obstante, cuando la estación llamada no responda, se podrá repetir la llamada a intervalos de tres minutos.

3) En las zonas en las que se pueda comunicar con seguridad en ondas métricas con la estación costera, la estación de barco que llama puede repetir la llamada tan pronto como haya evidencia de que la estación costera ha terminado de cursar el tráfico.

4) Cuando se trate de una comunicación entre una estación del servicio móvil marítimo y una estación de aeronave, podrá reanudarse la llamada después de transcurridos cinco minutos.

5) Antes de reanudar la llamada, la estación que llama debería asegurarse de que la estación llamada no está comunicando con otra estación.

6) Cuando no haya razón para temer que la llamada producirá interferencia perjudicial a otras comunicaciones en curso, no serán aplicables las disposiciones del § 5, 4). En tal caso, la llamada, emitida tres veces con intervalos de dos minutos, podrá ser repetida después de un intervalo superior a tres minutos.

7) No obstante, antes de repetir la llamada, la estación que llama debería asegurarse de que su nueva llamada no causará interferencia a otras comunicaciones en curso y de que la estación llamada no comunica con otra estación.

8) Las estaciones de barco no deberían emitir su onda portadora entre las llamadas.

6 Cuando el nombre de la empresa de explotación de que dependa una estación de barco no figure en el Nomenclátor de las estaciones de barco y de las asignaciones a identidades del servicio móvil marítimo, o no concuerde con las indicaciones de este, la estación de barco tiene la obligación de facilitar, de oficio, a la estación costera a la que transmite el tráfico, todos los datos necesarios al respecto.

7 1) La estación costera podría solicitar de la estación de barco que le proporcione las indicaciones siguientes:

- a) situación y, cuando sea posible, derrotero y velocidad;
- b) próximo punto de escala.

2) Conviene que las estaciones de barco faciliten cada vez que lo consideren apropiado, y sin previa petición de la estación costera, las indicaciones a que se refiere el § 7, 1). Esta información sólo será facilitada previa autorización del capitán o de la persona responsable del barco.

Sección II – Procedimiento de llamada, respuesta a la llamada y señales preparatorias del tráfico cuando se utilizan métodos de llamada distintos del sistema de llamada selectiva digital

A – Procedimiento de llamada

- 8
- 1) La llamada se transmitirá en la siguiente forma:
 - el distintivo de llamada u otra señal de identificación de la estación llamada, tres veces a lo sumo;
 - la palabra «AQUÍ»;
 - el distintivo de llamada, u otra señal de identificación de la estación que llama, tres veces a lo sumo (véanse los números **19.73** y **19.74** del RR).
 - 2) No obstante, en las bandas comprendidas entre 156 MHz y 174 MHz, cuando las condiciones para el establecimiento de la comunicación sean buenas, la llamada descrita en el § 8, 1) puede ser reemplazada por:
 - el distintivo de llamada de la estación llamada, una vez;
 - la palabra «AQUÍ»;
 - el distintivo de llamada u otra señal de identificación de la estación que llama, dos veces.
 - 3) Cuando una estación de barco llame, en un canal de trabajo, a una estación costera que atienda más de un canal en ondas métricas, deberá indicar el número del canal utilizado para la llamada.
 - 4) Una vez establecida la comunicación, sólo podrá transmitirse una sola vez el distintivo de llamada u otra señal de identificación.
 - 5) Cuando la estación costera y la estación de barco estén provistas de un dispositivo de llamada selectiva digital, deberían atenerse al procedimiento para llamadas de rutina y la estación de barco debería llamar oralmente a la estación costera, según el procedimiento indicado en el § 8, 1).
- 9 Las llamadas para las comunicaciones internas a bordo de los barcos deberían transmitirse en la siguiente forma:
- a) desde la estación de control:
 - el nombre del barco, seguido de una sola letra (ALFA, BRAVO, CHARLIE, etc.), indicativa de la subestación, tres veces a lo sumo;
 - la palabra «AQUÍ»;
 - el nombre del barco, seguido de la palabra «CONTROL»;
 - b) desde la subestación:
 - el nombre del barco, seguido de la palabra «CONTROL», tres veces a lo sumo;
 - la palabra «AQUÍ»;
 - el nombre del barco, seguido de una sola letra (ALFA, BRAVO, CHARLIE, etc.), indicativa de la subestación.

B – Frecuencia que deberá utilizarse para la llamada y las señales preparatorias

B1 – Bandas comprendidas entre 1 605 kHz y 4 000 kHz

- 10 1) Cuando una estación radiotelefónica de barco llame a una estación costera, procurará utilizar para la llamada, por orden de preferencia:
- a) una frecuencia de trabajo en la que la estación costera mantenga la escucha;
 - b) la frecuencia portadora de 2 182 kHz;
 - c) en las Regiones 1 y 3 y en Groenlandia, la frecuencia portadora de 2 191 kHz (frecuencia asignada 2 192,4 kHz), cuando la frecuencia portadora de 2 182 kHz se utilice para socorro;
 - d) en la Región 2, salvo para Groenlandia, la frecuencia portadora 2 191 kHz como una frecuencia de llamada complementaria en aquellas zonas en las que se usa intensivamente la frecuencia 2 182 kHz.
- 2) Cuando una estación de barco llame a otra estación de barco utilizará:
- a) la frecuencia portadora de 2 182 kHz;
 - b) una frecuencia de barco a barco, donde y cuando haya gran densidad de tráfico y siempre que este procedimiento haya sido objeto de acuerdo previo.
- 3) A reserva de lo dispuesto en el § 10, 6), las estaciones costeras deberían, con arreglo a las disposiciones vigentes en su país, llamar a las estaciones de barco de su propia nacionalidad en una frecuencia de trabajo o, si se trata de llamadas individuales a barcos determinados, en la frecuencia portadora de 2 182 kHz.
- 4) No obstante, a las estaciones de barco que mantengan la escucha simultáneamente en la frecuencia portadora de 2 182 kHz y en una frecuencia de trabajo, se procurará llamarlas en esta frecuencia de trabajo.
- 5) Por regla general, se procurará que las estaciones costeras utilicen la frecuencia portadora de 2 182 kHz para llamar a las estaciones radiotelefónicas de barco de nacionalidad distinta a la suya.
- 6) Las estaciones costeras podrían llamar a los barcos por llamada selectiva digital, de conformidad con lo dispuesto en la Recomendación UIT-R M.541.

B2 – Bandas comprendidas entre 4 000 kHz y 27 500 kHz

- 11 1) Cuando una estación de barco llame a una estación costera por radiotelefonía, debería utilizar una de las frecuencias de llamada que figuran en el número **52.221** del RR o la frecuencia de trabajo asociada a la de la estación costera, de acuerdo con el Apéndice 17, Parte B, Sección I del RR.
- 2) Cuando una estación costera llame por radiotelefonía a una estación de barco, debería utilizar una de las frecuencias de llamada que figuran en el número **52.222** del RR, una de sus frecuencias de trabajo especificadas en el Nomenclátor de las estaciones costeras y de las estaciones de servicios especiales o cualquiera de las frecuencias portadoras de 4 125 kHz y 6 215 kHz, conforme a las disposiciones números **52.221.2** y **52.221.3** del RR.
- 3) Las disposiciones de los § 11, 1) y § 11, 2) no se aplican a las comunicaciones entre estaciones de barco y estaciones costeras que utilicen las frecuencias para la explotación simplex especificadas en la Sección B del Apéndice 17, Parte B, Sección I del RR.

B3 – Bandas comprendidas entre 156 MHz
y 174 MHz

12 1) En las bandas comprendidas entre 156 MHz y 174 MHz, las llamadas entre barcos y de una estación costera a una estación de barco procurarán hacerse, en general, en la frecuencia de 156,8 MHz. No obstante, la llamada de una estación costera a una estación de barco podrá efectuarse en un canal de trabajo o en un canal de dos frecuencias destinado a la llamada y que funcione de acuerdo con lo dispuesto en el número **52.236** del RR. Excepto en las comunicaciones de socorro, urgencia o seguridad, en que debe utilizarse la frecuencia de 156,8 MHz, la llamada de una estación de barco a una estación costera debe hacerse, en lo posible, en un canal de trabajo o en un canal de llamada de dos frecuencias que funcione de acuerdo con lo dispuesto en el número **52.236** del RR. Las estaciones de barco que deseen participar en el servicio de operaciones portuarias o en el servicio de movimiento de barcos procurarán llamar en una de las frecuencias de trabajo del servicio de operaciones portuarias o del servicio de movimiento de barcos indicadas en el Nomenclátor de las estaciones costeras y de las estaciones de servicios especiales.

2) Cuando la frecuencia de 156,8 MHz este utilizándose para comunicaciones de socorro, urgencia o seguridad, la estación de barco que pida participar en el servicio de operaciones portuarias podrá establecer el contacto en 156,6 MHz, o en otra frecuencia del servicio de operaciones portuarias indicada en el Nomenclátor de las estaciones costeras y de las estaciones de servicios especiales.

B4 – Procedimiento para llamar a una estación
que efectúe el servicio de practicaje

13 Cuando una estación radiotelefónica de barco llame a una estación de práctico que efectúe el servicio de practicaje debería utilizar las frecuencias o canales asignados a la estación de práctico, por orden de preferencia:

- a) un canal apropiado en las bandas comprendidas entre 156 MHz y 174 MHz;
- b) una frecuencia de trabajo en las bandas comprendidas entre 1 605 kHz y 4 000 kHz;
- c) la frecuencia portadora de 2 182 kHz, sólo para ponerse de acuerdo sobre la frecuencia de trabajo que se ha de utilizar.

C – Forma de la respuesta a la llamada

14 La respuesta a la llamada se transmitirá en la forma siguiente:

- el distintivo de llamada u otra señal de identificación de la estación que llama, tres veces a lo sumo;
- la palabra «AQUÍ»;
- el distintivo de llamada u otra señal de identificación de la estación llamada (véanse los números **19.73** y **19.74** del RR), tres veces a lo sumo.

D – Frecuencia para la respuesta

D1 – Bandas comprendidas entre 1 605 kHz
y 4 000 kHz

15 1) Cuando una estación de barco reciba una llamada en la frecuencia portadora de 2 182 kHz, procurará responder en la misma frecuencia, a no ser que la estación que llama haya indicado otra frecuencia para la respuesta.

2) La estación de barco que reciba una llamada selectiva digital debería responder en una frecuencia en que la estación costera mantenga la escucha.

3) Cuando una estación de barco reciba, en una frecuencia de trabajo, una llamada de una estación costera de su misma nacionalidad, debería responder en la frecuencia de trabajo normalmente asociada a la frecuencia utilizada para la llamada por la estación costera.

4) Las estaciones de barco deberían indicar, al llamar a una estación costera o a otra estación de barco, la frecuencia en que debe transmitírseles la respuesta, a menos que esta frecuencia sea la normalmente asociada a la frecuencia utilizada para la llamada.

5) Las estaciones de barco que cursen tráfico frecuente con una estación costera de nacionalidad distinta a la suya, podrían emplear el mismo procedimiento de respuesta que los barcos de la misma nacionalidad de la estación costera.

6) Por regla general, las estaciones costeras deberían responder:

- a) en la frecuencia portadora de 2 182 kHz, a las llamadas efectuadas en esta frecuencia portadora, a menos que la estación que llama haya indicado otra frecuencia;
- b) en una frecuencia de trabajo, a las llamadas efectuadas en una frecuencia de trabajo;
- c) en una frecuencia de trabajo, en las Regiones 1 y 3 y en Groenlandia, a las llamadas efectuadas en la frecuencia portadora de 2 191 kHz (frecuencia asignada 2 192,4 kHz).

D2 – Bandas comprendidas entre 4 000 kHz y 27 500 kHz

16 1) Cuando una estación de barco reciba una llamada de una estación costera, debería responder en una de las frecuencias de llamada indicadas en el número **52.221** del RR, o en la frecuencia de trabajo asociada a la de la estación costera, de acuerdo con el Apéndice 17, Parte B, Sección I del RR.

2) Cuando una estación costera reciba una llamada de una estación de barco, debería responder en una de las frecuencias de llamada especificadas en el número **52.222** del RR o en una de sus frecuencias de trabajo indicadas en el Nomenclátor de las estaciones costeras y de las estaciones de servicios especiales.

3) Cuando una estación reciba una llamada en la frecuencia portadora de 4 125 kHz, procurará responder en la misma frecuencia, a menos que la estación que ha efectuado la llamada le indique otra frecuencia de respuesta.

4) Cuando una estación reciba una llamada en la frecuencia portadora de 6 215 kHz, procurará responder en la misma frecuencia, a menos que la estación que ha efectuado la llamada le indique otra frecuencia de respuesta.

5) Las disposiciones de los § 16, 1) y § 16, 2) no se aplican a las comunicaciones entre estaciones de barco y estaciones costeras que utilizan las frecuencias para la explotación simplex especificadas en la Sección B del Apéndice 17, Parte B, Sección I del RR.

D.3 – Bandas comprendidas entre 156 MHz y 174 MHz

17 Cuando una estación reciba una llamada en la frecuencia de 156,8 MHz, procurará responder en la misma frecuencia, a no ser que la estación que llama haya indicado otra frecuencia para la respuesta.

*E – Indicación de la frecuencia que debe utilizarse
para el tráfico*

E1 – Bandas comprendidas entre 1 605 kHz
y 4 000 kHz

18 Si la comunicación se establece en la frecuencia portadora de 2 182 kHz, la estación costera y la estación de barco deberían pasar, para cursar su tráfico, a una de sus frecuencias de trabajo.

E2 – Bandas comprendidas entre 4 000 kHz
y 27 500 kHz

19 Si una estación de barco ha establecido comunicación con una estación costera o con otra estación de barco, en la frecuencia de llamada de la banda elegida, el tráfico debería cursarse en las respectivas frecuencias de trabajo de dichas estaciones.

E3 – Bandas comprendidas entre 156 MHz
y 174 MHz

20 1) Cuando se establezca comunicación entre una estación costera del servicio de correspondencia pública y una estación de barco, en la frecuencia de 156,8 MHz o en el canal de llamada de dos frecuencias (véase el número **52.237** del RR), ambas estaciones deberían pasar a uno de sus pares de frecuencias normales de trabajo. La estación que llama debería indicar el canal al que se propone pasar, identificándolo por la frecuencia expresada en MHz o, preferentemente, por su número.

2) Cuando se establezca comunicación, en 156,8 MHz, entre una estación portuaria y una estación de barco, será conveniente que esta última indique la naturaleza del servicio que desea (informes sobre la navegación, instrucciones sobre el movimiento en el puerto, etc.); a continuación, la estación portuaria debería señalar el canal a emplear para el intercambio del tráfico, identificándolo por la frecuencia expresada en MHz o, preferentemente, por su número.

3) Cuando se establezca comunicación, en 156,8 MHz, entre una estación costera del servicio de movimiento de barcos y una estación de barco, la estación costera debería indicar el canal que ha de emplearse para el intercambio del tráfico, identificando este canal por la frecuencia expresada en MHz o, preferentemente, por su número.

4) Cuando se establezca comunicación entre estaciones de barco en la frecuencia 156,8 MHz, la estación que llama procurará indicar el canal de comunicación entre barcos que propone se utilice para el intercambio del tráfico, identificándolo por la frecuencia expresada en MHz o, preferentemente, por su número.

5) No obstante, no es necesario utilizar una frecuencia de trabajo para una breve transmisión, que no exceda de un minuto, relativa a la seguridad de la navegación, cuando sea importante que todos los barcos que se encuentren en la zona de servicio reciban la transmisión.

6) Las estaciones que capten una transmisión concerniente a la seguridad de la navegación deberían escuchar el mensaje hasta que tengan la certidumbre de que no les concierne. Además, deberían abstenerse de efectuar toda transmisión que pueda perturbar la del mensaje.

F – Acuerdo sobre la frecuencia que debe utilizarse para el tráfico

- 21
- 1) Si la estación llamada estuviere de acuerdo con la estación que llama, debería transmitir:
 - a) la indicación de que a partir de ese momento permanecerá a la escucha en la frecuencia de trabajo o en el canal anunciado por la estación que llama;
 - b) la indicación de que está preparada para recibir el tráfico de la estación que llama.
 - 2) Si la estación llamada no estuviere de acuerdo con la estación que llama sobre la frecuencia de trabajo o el canal que debe utilizarse, la estación llamada debería transmitir la indicación de la frecuencia de trabajo o del canal que propone.
 - 3) En una comunicación entre una estación costera y una estación de barco, la estación costera debería decidir, en último término, qué frecuencia o canal ha de utilizarse.
 - 4) Una vez de acuerdo sobre la frecuencia de trabajo o canal que debería emplear para su tráfico la estación que llama, la estación llamada debería indicar que está preparada para recibir el tráfico.

G – Dificultades en la recepción

- 22
- 1) Si la estación llamada se encontrase en la imposibilidad de aceptar el tráfico inmediatamente, procurará responder a la llamada en la forma que se señala en el § 14, añadiendo a su respuesta la expresión «ESPERE . . . MINUTOS», indicando en minutos la duración probable de la espera. Si esta duración excede de diez minutos, debería indicarse la razón de la espera. En lugar de seguir este procedimiento, la estación llamada podría dar cuenta, por cualquier medio apropiado, de que no se halla en condiciones de recibir el tráfico inmediatamente.
 - 2) Cuando una estación reciba una llamada sin tener la seguridad de que le está destinada, no debería responder hasta que la llamada haya sido repetida y comprendida.
 - 3) Cuando una estación reciba una llamada destinada a ella, pero la identificación de la estación que llama sea incierta, debería responder inmediatamente y pedir a esta última que repita su distintivo de llamada o cualquier otra señal de identificación que utilice.

Sección III – Curso (encaminamiento) del tráfico

A – Frecuencia del tráfico

- 23
- 1) Cada estación procurará utilizar para el curso de sus llamadas radiotelefónicas una de sus frecuencias de trabajo de la banda en que se ha realizado la llamada.
 - 2) De conformidad con lo dispuesto en el Artículo 52 del RR, cada estación podrá utilizar, además de su frecuencia normal de trabajo, especificada en el Nomenclátor de las estaciones costeras y de las estaciones de servicios especiales, una o varias frecuencias suplementarias de la misma banda.
 - 3) Antes de transmitir para fines distintos de los de socorro en cualquier frecuencia de las indicadas en el Apéndice 15 para socorro y seguridad, las estaciones deberían escuchar, cuando sea posible, en la frecuencia en cuestión para cerciorarse de que no se está cursando ninguna transmisión de socorro. Debería prohibirse la transmisión de todo tráfico, con excepción del de socorro, en las frecuencias reservadas para la llamada (véase el número 31.4 del RR).

4) Una vez establecida la comunicación en la frecuencia que deba utilizarse para el tráfico, la transmisión de un radiotelegrama o de una conferencia radiotelefónica debería ir precedida:

- del distintivo de llamada o cualquier otra señal de identificación de la estación llamada;
- de la palabra «AQUÍ»;
- del distintivo de llamada o cualquier otra señal de identificación de la estación que llama (véanse los números 19.73 y 19.74 del RR) una vez.

Sección IV – Duración y dirección del trabajo

24 1) En las comunicaciones entre estación costera y estación de barco, la estación de barco debería atenerse a las instrucciones que reciba de la estación costera, en todo lo que se refiera al orden y hora de transmisión, a la elección de frecuencia, a la duración y a la suspensión del trabajo.

2) En las comunicaciones entre estaciones de barco, la estación llamada tendrá la dirección del trabajo, en la forma indicada en el § 24, 1). No obstante, si una estación costera considera necesario intervenir, las estaciones de barco deberían atenerse a las instrucciones que reciban de la estación costera.

RECOMENDACIÓN UIT-R M.1172-0*

ABREVIATURAS Y SEÑALES DIVERSAS QUE HABRÁN DE UTILIZARSE PARA LAS RADIOCOMUNICACIONES EN EL SERVICIO MÓVIL MARÍTIMO

(1995)

La Asamblea de Radiocomunicaciones de la UIT,

considerando

a) que es necesario describir las abreviaturas y señales diversas que han de utilizarse para el servicio móvil marítimo,

recomienda

1 que la utilización de abreviaturas y señales diversas para las radiocomunicaciones en el servicio móvil marítimo se realice de acuerdo a lo indicado en el Anexo 1.

ANEXO 1

Abreviaturas y señales diversas que habrán de utilizarse para las radiocomunicaciones en el servicio móvil marítimo**Sección I. Código Q****Introducción**

1 Las series de grupos mencionadas en este Anexo van de QOA a QUZ.

2 Las series QOA a QQZ se reservan para el servicio móvil marítimo.

3 Se podrá dar un sentido afirmativo o negativo a ciertas abreviaturas del código Q transmitiendo, inmediatamente después de la abreviatura, la letra C o las letras NO respectivamente (en radiotelefonía se pronunciará CHARLIE y NO).

4 La significación de las abreviaturas del código Q podrá ampliarse o completarse mediante la adición de otras abreviaturas adecuadas, de distintivos de llamada, de nombres de lugares, de cifras, de números, etc. Los espacios en blanco, que figuran entre paréntesis, corresponden a indicaciones facultativas. Estas indicaciones se transmitirán en el orden en que se encuentran en el texto de los cuadros que se insertan a continuación.

5 Para dar a las abreviaturas del código Q la forma de pregunta, se transmitirán seguidas del signo de interrogación en radiotelegrafía y de RQ (ROMEO QUEBEC) en radiotelefonía. Cuando una abreviatura utilizada como pregunta vaya seguida de indicaciones adicionales o complementarias, convendrá transmitir el signo de interrogación (o RQ) después de estas indicaciones.

6 Siempre que se utilice una abreviatura del código Q que tenga varias significaciones numeradas, deberá ir seguida del número que corresponda a la significación elegida. Este número se transmitirá inmediatamente después de la abreviatura.

7 Las horas se darán en Tiempo Universal Coordinado (UTC), a no ser que en las preguntas o respuestas se indique otra cosa.

8 El asterisco * que figura delante de algunas de las abreviaturas del código Q quiere decir que el significado de esta señal es análogo al de una señal que figura en el Código Internacional de Señales.

* Esta Recomendación debe señalarse a la atención de la Organización Marítima Internacional (OMI).

Abreviaturas utilizables en el servicio móvil marítimo

A. Lista de abreviaturas por orden alfabético

Abreviatura	Pregunta	Respuesta o aviso
QOA	¿Puede comunicar por radiotelegrafía (500 kHz)?	Puedo comunicar por radiotelegrafía (500 kHz).
QOB	¿Puede comunicar por radiotelefonía (2 182 kHz)?	Puedo comunicar por radiotelefonía (2 182 kHz).
QOC	¿Puede comunicar por radiotelefonía (canal 16 – frecuencia de 156,80 MHz)?	Puedo comunicar por radiotelefonía (canal 16 – frecuencia de 156,80 MHz).
QOD	¿Puede comunicar conmigo en ... 0. holandés 5. italiano 1. inglés 6. japonés 2. francés 7. noruego 3. alemán 8. ruso 4. griego 9. español?	Puedo comunicar con usted en ... 0. holandés 5. italiano 1. inglés 6. japonés 2. francés 7. noruego 3. alemán 8. ruso 4. griego 9. español.
QOE	¿Ha recibido la señal de seguridad transmitida por ... (<i>nombre o distintivo de llamada o los dos</i>)?	He recibido la señal de seguridad de ... (<i>nombre o distintivo de llamada o los dos</i>).
QOF	¿Cuál es la calidad comercial de mis señales?	La calidad de sus señales es: 1. no comercial 2. apenas comercial 3. comercial.
QOG	¿Cuántas cintas tiene para transmitir?	Tengo ... cintas para transmitir.
QOH	¿Debo transmitir una señal de puesta en fase durante ... segundos?	Transmita una señal de puesta en fase durante ... segundos.
QOI	¿Transmito mi cinta?	Transmita su cinta.
QOJ	¿Quiere usted ponerse a la escucha en ... kHz (<i>o</i>) MHz de señales de radiobalizas de localización de siniestros?	Estoy a la escucha en ... kHz (<i>o</i>) MHz de señales de radiobalizas de localización de siniestros.

Abreviatura	Pregunta	Respuesta o aviso
QOK	¿Ha recibido usted las señales de una radiobaliza de localización de siniestros en ... kHz (<i>o</i> MHz)?	He recibido las señales de una radiobaliza de localización de siniestros en ... kHz (<i>o</i> MHz).
QOL	¿Puede recibir su barco llamadas selectivas? En caso afirmativo, ¿cuál es su número o señal de llamada selectiva?	Mi barco puede recibir llamadas selectivas; el número o señal de llamada selectiva es ...
QOM	¿En qué frecuencias puede recibir su barco una llamada selectiva?	Mi barco puede recibir una llamada selectiva en la(s) siguiente(s) frecuencia(s) ... (en caso necesario, indique periodos de tiempo).
QOO	¿Puede transmitir en cualquier frecuencia de trabajo?	Puedo transmitir en cualquier frecuencia de trabajo.
QOT	¿Me oye? ¿Cuál es aproximadamente la espera, en minutos, para poder intercambiar tráfico?	Le oigo; la demora aproximada es de ... minutos.
QRA	¿Cómo se llama su barco (<i>o</i> estación)?	Mi barco (<i>o</i> estación) se llama ...
QRB	¿A qué distancia aproximada está de mi estación?	La distancia aproximada entre nuestras estaciones es de ... millas marinas (<i>o</i> kilómetros).
QRC	¿Qué empresa privada (<i>o</i> administración de Estado) liquida las cuentas de tasas de su estación?	De la liquidación de las cuentas de tasas de mi estación se encarga la empresa privada ... (<i>o</i> la administración de Estado ...).
QRD	¿Adónde va usted y de dónde viene?	Voy a ... y vengo de ...
QRE	¿A qué hora piensa llegar a ... (<i>o</i> estar sobre ...) (<i>sitio</i>)?	Pienso llegar a ... (<i>o</i> estar sobre ...) (<i>sitio</i>) a las ... horas.
QRF	¿Vuelve a ... (<i>sitio</i>)?	Sí; vuelvo a ... (<i>sitio</i>). Vuelva a ... (<i>sitio</i>). <i>o</i>

Abreviatura	Pregunta	Respuesta o aviso
QRG	¿Quiere indicarme mi frecuencia exacta (o la frecuencia exacta de ...)?	Su frecuencia exacta (o la frecuencia exacta de ...) es ... kHz (o MHz).
QRH	¿Varía mi frecuencia?	Su frecuencia varía.
QRI	¿Cómo es el tono de mi emisión?	El tono de su emisión es ... 1. bueno 2. variable 3. malo.
QRJ	¿Cuántas peticiones de conferencias radiotelefónicas tiene pendientes?	Tengo pendientes ... peticiones de conferencias radiotelefónicas.
QRK	¿Cuál es la inteligibilidad de mi transmisión (o de la de ...) (nombre o distintivo de llamada o los dos)?	La inteligibilidad de su transmisión (o de la de ...) (nombre o distintivo de llamada o los dos) es ... 1. mala 2. escasa 3. pasable 4. buena 5. excelente.
QRL	¿Está usted ocupado?	Estoy ocupado (o estoy ocupado con ...) (nombre o distintivo de llamada o los dos). Le ruego no perturbe.
QRM	¿Está interferida mi transmisión?	La interferencia de su transmisión es: 1. nula 2. ligera 3. moderada 4. considerable 5. extremada.
QRN	¿Le perturban los atmosféricos?	Me perturban los atmosféricos: 1. nada 2. ligeramente 3. moderadamente 4. considerablemente 5. extremadamente.

Abreviatura	Pregunta	Respuesta o aviso
QRO	¿Debo aumentar la potencia de transmisión?	Aumente la potencia de transmisión.
QRP	¿Debo disminuir la potencia de transmisión?	Disminuya la potencia de transmisión.
QRQ	¿Debo transmitir más de prisa?	Transmita más de prisa (... palabras por minuto).
QRR	¿Está usted preparado para operar automáticamente?	Estoy preparado para operar automáticamente. Transmita a ... palabras por minuto.
QRS	¿Debo transmitir más despacio?	Transmita más despacio (... palabras por minuto).
QRT	¿Debo cesar de transmitir?	Cese de transmitir.
QRU	¿Tiene algo para mí?	No tengo nada para usted.
QRV	¿Está usted preparado?	Estoy preparado.
QRW	¿Debo avisar a ... que le llama usted en ... kHz (o MHz)?	Le ruego avise a ... que le llamo en ... kHz (o MHz).
QRX	¿Cuándo volverá a llamarme?	Le volveré a llamar a las ... horas en ... kHz (o MHz).
QRY	¿Qué turno tengo? (En relación con las comunicaciones.)	Su turno es el número ... (o cualquier otra indicación). (En relación con las comunicaciones.)
QRZ	¿Quién me llama?	Le llama ... (en kHz (o MHz)).
QSA	¿Cuál es la intensidad de mis señales (o de las señales de ...) (nombre o distintivo de llamada o los dos)?	La intensidad de sus señales (o de las señales de ...) (nombre o distintivo de llamada o los dos) es: 1. apenas perceptible 2. débil 3. bastante buena 4. buena 5. muy buena.

Abreviatura	Pregunta	Respuesta o aviso
QSB	¿Varía la intensidad de mis señales?	La intensidad de sus señales varía.
QSC	¿Es su estación de barco de poco tráfico?	Mi estación de barco es de poco tráfico.
QSD	¿Están mis señales mutiladas?	Sus señales están mutiladas.
QSE*	¿Cuál es la deriva estimada de la embarcación o dispositivo de salvamento?	La deriva estimada de la embarcación o dispositivo de salvamento es ... (<i>cifras y unidades</i>).
QSF*	¿Ha efectuado usted el salvamento?	He efectuado el salvamento y me dirijo a la base de ... (con ... personas heridas que requieren una ambulancia).
QSG	¿Debo transmitir ... telegramas de una vez?	Transmita ... telegramas de una vez.
QSH	¿Puede usted recalar usando su equipo radiogoniométrico?	Puedo recalar usando mi equipo radiogoniométrico (a ...) (<i>nombre o distintivo de llamada o los dos</i>).
QSI		No he podido interrumpir su transmisión. ¿Quiere usted informar a ... (<i>nombre o distintivo de llamada o los dos</i>) que no he podido interrumpir su transmisión (en ... kHz (<i>o MHz</i>))?
QSJ	¿Qué tasa se percibe para ... incluyendo su tasa interior?	La tasa que se percibe para ... es ... francos, incluyendo mi tasa interior.
QSK	¿Puede usted oírme entre sus señales y, en caso afirmativo, puedo interrumpirle en su transmisión?	Puedo oírle entre mis señales; puede interrumpirme en mi transmisión.
QSL	¿Puede acusarme recibo?	Le acuso recibo.

Abreviatura	Pregunta	Respuesta o aviso
QSM	¿Debo repetir el último telegrama que le he transmitido (o un telegrama anterior)?	Repita el último telegrama que me ha transmitido (o telegrama(s) número(s) ...).
QSN	¿Me ha oído usted (o ha oído usted a ... (nombre o distintivo de llamada o los dos)) en ... kHz (o MHz)?	Le he oído (o he oído a ... (nombre o distintivo de llamada o los dos)) en ... kHz (o MHz).
QSO	¿Puede usted comunicar directamente (o por relevador) con ... (nombre o distintivo de llamada o los dos)?	Puedo comunicar directamente (o por medio de ...) con ... (nombre o distintivo de llamada o los dos).
QSP	¿Quiere retransmitir gratuitamente a ... (nombre o distintivo de llamada o los dos)?	Retransmitiré gratuitamente a ... (nombre o distintivo de llamada o los dos).
QSQ	¿Tiene médico a bordo? o ¿Está ... (nombre) a bordo?	Hay un médico a bordo; o ... (nombre) está a bordo.
QSR	¿Tengo que repetir la llamada en la frecuencia de llamada?	Repita la llamada en frecuencia de llamada; no le oí (o hay interferencia).
QSS	¿Qué frecuencia de trabajo utilizará usted?	Utilizaré la frecuencia de trabajo de ... kHz (o MHz). (En ondas decamétricas normalmente sólo es necesario indicar las tres últimas cifras de la frecuencia.)
QSU	¿Debo transmitir o responder en esta frecuencia (o en ... kHz (o MHz)) (en emisión de clase ...)?	Transmita o responda en esta frecuencia (o en ... kHz (o MHz)) (en emisión de clase ...).
QSV	¿Debo transmitir una serie de V (o signos) para el ajuste en esta frecuencia (o en ... kHz (o MHz))?	Transmita una serie de V (o signos) para el ajuste en esta frecuencia (o en ... kHz (o MHz)).

Abreviatura	Pregunta	Respuesta o aviso
QSW	¿Quiere transmitir en esta frecuencia (<i>o en ... kHz (o MHz)</i>) (en emisión de clase ...)?	Voy a transmitir en esta frecuencia (<i>o en ... kHz (o MHz)</i>) (en emisión de clase).
QSX	¿Quiere escuchar a ... (<i>nombre o distintivo de llamada o los dos</i>) en ... kHz (<i>o MHz</i>) o en las bandas .../canales ...?	Escucho a ... (<i>nombre o distintivo de llamada o los dos</i>) en ... kHz (<i>o MHz</i>) o en las bandas .../canales ...
QSY	¿Tengo que pasar a transmitir en otra frecuencia?	Transmita en otra frecuencia (<i>o en ... kHz (o MHz)</i>).
QSZ	¿Tengo que transmitir cada palabra o grupo varias veces?	Transmita cada palabra o grupo dos veces (<i>o ... veces</i>).
QTA	¿Debo anular el telegrama (<i>o el mensaje</i>) número ...?	Anule el telegrama (<i>o el mensaje</i>) número ...
QTB	¿Está usted conforme con mi cómputo de palabras?	No estoy conforme con su cómputo de palabras; repetiré la primera letra de cada palabra y la primera cifra de cada número.
QTC	¿Cuántos telegramas tiene por transmitir?	Tengo ... telegramas para usted (<i>o para ... (nombre o distintivo de llamada o los dos)</i>).
QTD*	¿Qué ha recogido el barco de salvamento o la aeronave de salvamento?	... (<i>identificación</i>) ha recogido ... 1. ... (<i>número</i>) supervivientes 2. restos de naufragio 3. ... (<i>número</i>) cadáveres.
QTE	¿Cuál es mi marcación VERDADERA con relación a usted?	Su marcación VERDADERA con relación a mi es de ... grados a ... horas.
	<i>o</i>	<i>o</i>
	¿Cuál es mi marcación VERDADERA con relación a ... (<i>nombre o distintivo de llamada o los dos</i>)?	Su marcación VERDADERA con relación a ... (<i>nombre o distintivo de llamada o los dos</i>) era de ... grados a ... horas.
	<i>o</i>	<i>o</i>

Abreviatura	Pregunta	Respuesta o aviso
QTE (cont.)	¿Cuál es la marcación VERDADERA de ... (<i>nombre o distintivo de llamada o los dos</i>) con relación a ... (<i>nombre o distintivo de llamada o los dos</i>)?	La marcación VERDADERA de ... (<i>nombre o distintivo de llamada o los dos</i>) con relación a ... (<i>nombre o distintivo de llamada o los dos</i>) era de ... grados a ... horas.
QTF	¿Quiere indicarme mi situación con arreglo a las marcaciones tomadas por las estaciones radiogoniométricas que usted controla?	Su situación basada en las marcaciones tomadas por las estaciones radiogoniométricas que controlo, era ... latitud, ... longitud (<i>o cualquier otra indicación de posición</i>), clase ... a ... horas.
QTG	¿Quiere transmitir dos rayas de diez segundos (<i>o la portadora durante dos periodos de diez segundos</i>), seguidas de su distintivo de llamada (<i>o su nombre</i>) (repetidas ... veces) en ... kHz (<i>o MHz</i>)?	Voy a transmitir dos rayas de diez segundos (<i>o la portadora durante dos periodos de diez segundos</i>), seguidas de mi distintivo de llamada (<i>o mi nombre</i>) (repetidas ... veces) en ... kHz (<i>o MHz</i>).
	¿Quiere pedir a ... (<i>nombre o distintivo de llamada o los dos</i>) que transmita dos rayas de diez segundos (<i>o la portadora durante dos periodos de diez segundos</i>), seguidas de su distintivo de llamada (<i>o su nombre, o los dos</i>) (repetidas ... veces) en ... kHz (<i>o MHz</i>)?	He pedido a ... (<i>nombre o distintivo de llamada o los dos</i>) que transmita dos rayas de diez segundos (<i>o la portadora durante dos periodos de diez segundos</i>), seguidas de su distintivo de llamada (<i>o su nombre, o los dos</i>) (repetidas ... veces) en ... kHz (<i>o MHz</i>).
QTH	¿Cuál es su situación en latitud y en longitud (<i>o según cualquier otra indicación</i>)?	Mi situación es ... de latitud, ... de longitud (<i>o según cualquier otra indicación</i>).
QTI*	¿Cuál es su rumbo VERDADERO con corrección de la deriva?	Mi rumbo VERDADERO, con corrección de la deriva, es de ... grados.

Abreviatura	Pregunta	Respuesta o aviso
QTJ*	¿Cuál es su velocidad? <i>(Pregunta la velocidad del barco o aeronave con relación al agua o al aire, respectivamente.)</i>	Mi velocidad es de ... nudos (o de ... kilómetros por hora o de ... millas terrestres por hora). <i>(Indica la velocidad del barco o aeronave con relación al agua o al aire, respectivamente.)</i>
QTK*	¿Cuál es la velocidad de su aeronave con relación a la superficie de la Tierra?	La velocidad de mi aeronave con relación a la superficie de la Tierra es de ... nudos (o ... kilómetros por hora o de ... millas terrestres por hora).
QTL*	¿Cuál es su rumbo VERDADERO?	Mi rumbo VERDADERO es ... grados.
QTM*	¿Cuál es su rumbo MAGNÉTICO?	Mi rumbo MAGNÉTICO es ... grados.
QTN	¿A qué hora salió de ... <i>(lugar)</i> ?	Sali de ... <i>(lugar)</i> a las ... horas.
QTO	¿Ha salido de bahía (o de puerto)? o	He salido de bahía (o de puerto). o
	¿Ha despegado usted?	He despegado.
QTP	¿Va a entrar en bahía (o en puerto)? o	Voy a entrar en bahía (o en puerto). o
	¿Va usted a amarar (o a aterrizar)?	Voy a amarar (o a aterrizar).
QTQ	¿Puede comunicar con mi estación por medio del Código Internacional de Señales (INTERCO)?	Voy a comunicar con su estación por medio del Código Internacional de Señales (INTERCO).
QTR	¿Qué hora es, exactamente?	La hora exacta es ...
QTS	¿Quiere transmitir su nombre o su distintivo de llamada o los dos durante ... segundos?	Voy a transmitir mi nombre o mi distintivo de llamada o los dos durante ... segundos.
QTT		La señal de identificación que sigue va superpuesta a otra emisión.

Abreviatura	Pregunta	Respuesta o aviso
QTU	¿A qué horas está abierta su estación?	Mi estación está abierta de ... a ... horas.
QTV	¿Debo tomar la escucha en lugar de usted en ... kHz (o MHz) (de las ... a las ... horas)?	Escuche en mi lugar en ... kHz (o MHz) (de las ... a las ... horas).
QTW*	¿Cómo se encuentran los supervivientes?	Los supervivientes se encuentran en ... estado y necesitan urgentemente ...
QTX	¿Quiere usted mantener su estación dispuesta para comunicarse conmigo de nuevo, hasta que yo le avise (o hasta ... horas)?	Mi estación permanecerá dispuesta para comunicarse con usted, hasta que me avise (o hasta ... horas).
QTY*	¿Se dirige usted a lugar del siniestro y, en tal caso, cuándo espera llegar?	Me dirijo al lugar del siniestro y espero llegar a las ... horas ...□(fecha).
QTZ*	¿Continúa usted la búsqueda?	Continúo la búsqueda de ... (aeroplano, barco, embarcación o dispositivo de salvamento, supervivientes o restos).
QUA	¿Tiene noticias de ... (nombre o distintivo de llamada o los dos)?	Le envío noticias de ... (nombre o distintivo de llamada o los dos).
QUB*	¿Puede darme en el siguiente orden datos acerca de la dirección VERDADERA en grados y la velocidad del viento en la superficie, visibilidad, condiciones meteorológicas actuales, y cantidad, tipo y altura de la base de nubes sobre (lugar de observación)?	He aquí los datos solicitados: ... (Deberán indicarse las unidades empleadas para velocidades y distancias.)

Abreviatura	Pregunta	Respuesta o aviso
QUC	¿Cuál es el número (<i>u otra indicación</i>) del último mensaje mío (<i>o de ... (nombre o distintivo de llamada o los dos)</i>) que ha recibido usted?	El número (<i>u otra indicación</i>) del último mensaje que recibí de usted (<i>o de ... (nombre o distintivo de llamada o los dos)</i>) es ...
QUD	¿Ha recibido la señal de urgencia transmitida por ... (<i>nombre o distintivo de llamada o los dos</i>)?	He recibido la señal de urgencia transmitida por ... (<i>nombre o distintivo de llamada o los dos</i>) a las ... horas.
QUE	¿Puede hablar en ... (<i>idioma</i>), por medio de un intérprete en caso necesario? Si así fuese, ¿en qué frecuencias?	Puedo hablar en ... (<i>idioma</i>) en ... kHz (<i>o MHz</i>).
QUF	¿Ha recibido la señal de socorro transmitida por ... (<i>nombre o distintivo de llamada o los dos</i>)?	He recibido la señal de socorro transmitida por ... (<i>nombre o distintivo de llamada o los dos</i>) a las ... horas.
QUH*	¿Quiere indicarme la presión barométrica actual al nivel del mar?	La presión barométrica actual al nivel del mar es de ... (<i>unidades</i>).
QUM	¿Puedo reanudar mi tráfico normal?	Puede reanudar su tráfico normal.
QUN	<p>1. <i>Cuando se dirija a todas las estaciones:</i> Ruego a los barcos que se encuentren en mis proximidades inmediatas ... o (en las proximidades de ... latitud, ... longitud) o (en las proximidades de ...), que indiquen su situación, rumbo VERDADERO y velocidad.</p> <p>2. <i>Cuando se dirija a una sola estación:</i> Ruego indique su situación, rumbo VERDADERO y velocidad.</p>	Mi situación, rumbo VERDADERO y velocidad son ...

Abreviatura	Pregunta	Respuesta o aviso
QUO*	<p>¿Tengo que buscar:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. una aeronave 2. un barco 3. una embarcación o dispositivo de salvamento <p>en las proximidades de ... latitud, ... longitud (o según otra indicación)?</p>	<p>Sírvase buscar:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. una aeronave 2. un barco 3. una embarcación o dispositivo de salvamento <p>en las proximidades de ... latitud, ... longitud (o según otra indicación).</p>
QUP*	<p>¿Quiere usted indicar su situación mediante:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. reflector 2. humo negro 3. señales pirotécnicas? 	<p>Mi situación se indica mediante:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. reflector 2. humo negro 3. señales pirotécnicas.
QUR*	<p>¿Los supervivientes han ...</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. recibido equipo salvavidas 2. sido recogidos por un barco 3. sido encontrados por un grupo de salvamento de tierra? 	<p>Los supervivientes ...</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. están en posesión de equipo salvavidas lanzado por ... 2. han sido recogidos por un barco 3. han sido encontrados por un grupo de salvamento de tierra.
QUS*	<p>¿Ha visto supervivientes o restos? En caso afirmativo, ¿en qué sitio?</p>	<p>He visto ...</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. supervivientes en el agua 2. supervivientes en balsas 3. restos <p>en ... latitud, ... longitud, ... (u otra indicación).</p>
QUT*	<p>¿Ha sido señalado el lugar del accidente?</p>	<p>El lugar del accidente está señalado mediante:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. baliza flamígera o fumígena 2. boya 3. producto colorante 4. ... (especificar cualquier otra indicación).

Abreviatura	Pregunta	Respuesta o aviso
QUU*	¿Debo dirigir el barco o la aeronave hacia mi posición?	Dirija el barco o la aeronave ... <i>(nombre o distintivo de llamada o los dos)</i> ... 1. hacia su posición transmitiendo su propio distintivo de llamada y rayas largas en ... kHz <i>(o MHz)</i> 2. transmitiendo en ... kHz <i>(o MHz)</i> el rumbo VERDADERO, con corrección de deriva, para llegar a usted.
QUW*	¿Está usted en la zona de búsqueda designada como ... <i>(símbolo de la zona o latitud y longitud)</i> ?	Estoy en la zona de búsqueda ... <i>(designación)</i> .
QUX	¿Tiene usted algún aviso a los navegantes o aviso de tempestad en vigor?	Tengo el(los) siguiente(s) aviso(s) a los navegantes o aviso(s) de tempestad: ...
QUY*	¿Se ha señalado la posición de la embarcación o dispositivo de salvamento?	La posición de embarcación o dispositivo de salvamento se marcó a las ... horas mediante: 1. baliza flamígera o fumígena 2. boya 3. producto colorante 4. ... <i>(especifíquese cualquier otra señal)</i> .
QUZ	¿Puedo reanudar mi trabajo restringidamente?	Continúa aún la situación de socorro, pero puede reanudar su trabajo restringidamente.

B. Lista de abreviaturas ordenadas según la índole de las preguntas, respuestas o avisos

Abreviatura	Pregunta	Respuesta o aviso
	Nombre	
QRA	¿Cómo se llama su barco (o estación)?	Mi barco (o estación) se llama ...
	Ruta	
QRD	¿Adónde va usted y de dónde viene?	Voy a ... y vengo de ...
	Situación	
QRB	¿A qué distancia aproximada está de mi estación?	La distancia aproximada entre nuestras estaciones es de ... millas marinas (o kilómetros).
QTH	¿Cuál es su situación en latitud y en longitud (o según cualquier otra indicación)?	Mi situación es ... de latitud, ... de longitud (o según cualquier otra indicación).
QTN	¿A qué hora salí de ... (lugar)?	Salí de ... (lugar) a las ... horas.
	Calidad de las señales	
QOF	¿Cuál es la calidad comercial de mis señales?	La calidad de sus señales es: 1. no comercial 2. apenas comercial 3. comercial.
QRI	¿Cómo es el tono de mi emisión?	El tono de su emisión es ... 1. bueno 2. variable 3. malo.

Abreviatura	Pregunta	Respuesta o aviso
QRK	<p>Calidad de las señales (cont.)</p> <p>¿Cuál es la inteligibilidad de mi transmisión (o de la de ...) (nombre o distintivo de llamada o los dos)?</p>	<p>La inteligibilidad de su transmisión (o de la de ...) (nombre o distintivo de llamada o los dos) es ...</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. mala 2. escasa 3. pasable 4. buena 5. excelente.
QRO	<p>Intensidad de las señales</p> <p>¿Debo aumentar la potencia de transmisión?</p>	<p>Aumente la potencia de transmisión.</p>
QRP	<p>¿Debo disminuir la potencia de transmisión?</p>	<p>Disminuya la potencia de transmisión.</p>
QSA	<p>¿Cuál es la intensidad de mis señales (o de las señales de ...) (nombre o distintivo de llamada o los dos)?</p>	<p>La intensidad de sus señales (o de las señales de ...) (nombre o distintivo de llamada o los dos) es ...</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. apenas perceptible 2. débil 3. bastante buena 4. buena 5. muy buena.
QSB	<p>¿Varía la intensidad de mis señales?</p>	<p>La intensidad de sus señales varía.</p>
QRQ	<p>Manipulación</p> <p>¿Debo transmitir más de prisa?</p>	<p>Transmita más de prisa (... palabras por minuto).</p>
QRR	<p>¿Está usted preparado para operar automáticamente?</p>	<p>Estoy preparado para operar automáticamente. Transmita a ... palabras por minuto.</p>

Abreviatura	Pregunta	Respuesta o aviso
Manipulación (cont.)		
QRS	¿Debo transmitir más despacio?	Transmita más despacio (... palabras por minuto).
QSD	¿Están mis señales mutiladas?	Sus señales están mutiladas.
Interferencia		
QRM	¿Está interferida mi transmisión?	La interferencia de su transmisión es: 1. nula 2. ligera 3. moderada 4. considerable 5. extremada.
QRN	¿Le perturban los atmosféricos?	Me perturban los atmosféricos: 1. nada 2. ligeramente 3. moderadamente 4. considerablemente 5. extremadamente.
Ajuste de frecuencia		
QRG	¿Quiere indicarme mi frecuencia exacta (o la frecuencia exacta de ...)?	Su frecuencia exacta (o la frecuencia exacta de ...) es ... kHz (o MHz).
QRH	¿Varía mi frecuencia?	Su frecuencia varía.
QTS	¿Quiere transmitir su nombre o su distintivo de llamada o los dos durante ... segundos?	Voy a transmitir mi nombre o mi distintivo de llamada o los dos durante ... segundos.
Selección de frecuencia y/o de clase de emisión		
QOO	¿Puede transmitir en cualquier frecuencia de trabajo?	Puedo transmitir en cualquier frecuencia de trabajo.

Abreviatura	Pregunta	Respuesta o aviso
	Selección de frecuencia y/o de clase de emisión (cont.)	
QSN	¿Me ha oído usted (o ha oído usted a ... (nombre o distintivo de llamada o los dos)) en ... kHz (o MHz)?	Le he oído (o he oído a ... (nombre o distintivo de llamada o los dos)) en ... kHz (o MHz).
QSS	¿Qué frecuencia de trabajo utilizará usted?	Utilizaré la frecuencia de trabajo de ... kHz (o MHz). (En ondas decamétricas normalmente sólo es necesario indicar las tres últimas cifras de la frecuencia.)
QSU	¿Debo transmitir o responder en esta frecuencia (o en ... kHz (o MHz)) (en emisión de clase ...)?	Transmita o responda en esta frecuencia (o en ... kHz (o MHz)) (en emisión de clase ...).
QSV	¿Debo transmitir una serie de V (o signos) para el ajuste en esta frecuencia (o en ... kHz (o MHz))?	Transmita una serie de V (o signos) para el ajuste en esta frecuencia (o en ... kHz (o MHz)).
QSW	¿Quiere transmitir en esta frecuencia (o en ... kHz (o MHz)) (en emisión de clase ...)?	Voy a transmitir en esta frecuencia (o en ... kHz (o MHz)) (en emisión de clase ...).
QSX	¿Quiere escuchar a ... (nombre o distintivo de llamada o los dos) en ... kHz (o MHz) o en las bandas .../canales ...?	Escucho a ... (nombre o distintivo de llamada o los dos) en ... kHz (o MHz) o en las bandas .../canales ...
	Cambio de frecuencia	
QSY	¿Tengo que pasar a transmitir en otra frecuencia?	Transmita en otra frecuencia (o en ... kHz (o MHz)).
	Establecimiento de comunicación	
QOA	¿Puede comunicar por radiotelegrafía (500 kHz)?	Puedo comunicar por radiotelegrafía (500 kHz).

Abreviatura	Pregunta	Respuesta o aviso
Establecimiento de comunicación (cont.)		
QOB	¿Puede comunicar por radiotelefonía (2 182 kHz)?	Puedo comunicar por radiotelefonía (2 182 kHz).
QOC	¿Puede comunicar por radiotelefonía (canal 16 – frecuencia de 156,80 MHz)?	Puedo comunicar por radiotelefonía (canal 16 – frecuencia de 156,80 MHz).
QOD	¿Puede comunicar conmigo en ... 0. holandés 5. italiano 1. inglés 6. japonés 2. francés 7. noruego 3. alemán 8. ruso 4. griego 9. español?	Puedo comunicar con usted en ... 0. holandés 5. italiano 1. inglés 6. japonés 2. francés 7. noruego 3. alemán 8. ruso 4. griego 9. español.
QOT	¿Me oye? ¿Cuál es aproximadamente la espera, en minutos, para poder intercambiar tráfico?	Le oigo; la demora aproximada es de ... minutos.
QRL	¿Está usted ocupado?	Estoy ocupado (<i>o estoy ocupado con ...</i>) (<i>nombre o distintivo de llamada o los dos</i>). Le ruego no perturbe.
QRV	¿Está usted preparado?	Estoy preparado.
QRX	¿Cuándo volverá a llamarme?	Le volveré a llamar a las ... horas en ... kHz (<i>o</i> MHz).
QRY	¿Qué turno tengo? (<i>En relación con las comunicaciones.</i>)	Su turno es el número ... (<i>o cualquier otra indicación.</i>) (<i>En relación con las comunicaciones.</i>)
QRZ	¿Quién me llama?	Le llama ... (en kHz (<i>o</i> MHz)).
QSC	¿Es su estación de barco de poco tráfico?	Mi estación de barco es de poco tráfico.

Abreviatura	Pregunta	Respuesta o aviso
Establecimiento de comunicación (cont.)		
QSR	¿Tengo que repetir la llamada en la frecuencia de llamada?	Repita la llamada en la frecuencia de llamada; no le oí (<i>o</i> hay interferencia).
QTQ	¿Puede comunicar con mi estación por medio del Código Internacional de Señales (INTERCO)?	Voy a comunicar con su estación por medio del Código Internacional de Señales (INTERCO).
QUE	¿Puede hablar en ... (<i>idioma</i>), por medio de un intérprete en caso necesario? Si así fuese, ¿en qué frecuencias?	Puedo hablar en ... (<i>idioma</i>) en ... kHz (<i>o</i> MHz).
Llamada selectiva		
QOL	¿Puede recibir su barco llamadas selectivas? En caso afirmativo, ¿cuál es su número o señal de llamada selectiva?	Mi barco puede recibir llamadas selectivas; el número o señal de llamada selectiva es ...
QOM	¿En qué frecuencias puede recibir su barco una llamada selectiva?	Mi barco puede recibir una llamada selectiva en la(s) siguiente(s) frecuencia(s) ... (en caso necesario, indiquense periodos de tiempo).
Hora		
QTR	¿Qué hora es, exactamente?	La hora exacta es ...
QTU	¿A qué horas está abierta su estación?	Mi estación está abierta de ... a ... horas.
Tasas		
QRC	¿Qué empresa privada (<i>o</i> administración de Estado) liquida las cuentas de tasas de su estación?	De la liquidación de las cuentas de tasas de mi estación se encarga la empresa privada ... (<i>o</i> la administración de Estado ...).

Abreviatura	Pregunta	Respuesta o aviso
	Tasas (cont.)	
QJ	¿Qué tasa se percibe para ... incluyendo su tasa interior?	La tasa que se percibe para ... es ... francos, incluyendo mi tasa interior.
	Tránsito	
QRW	¿Debo avisar a ... que le llama usted en ... kHz (o MHz)?	Le ruego avise a ... que le llamo en ... kHz (o MHz).
QSO	¿Puede usted comunicar directamente (o por relevador) con ... (nombre o distintivo de llamada o los dos)?	Puedo comunicar directamente (o por medio de ...) con ... (nombre o distintivo de llamada o los dos).
QSP	¿Quiere retransmitir gratuitamente a ... (nombre o distintivo de llamada o los dos)?	Retransmitiré gratuitamente a ... (nombre o distintivo de llamada o los dos).
QSQ	¿Tiene médico a bordo? o ¿Está ... (nombre) a bordo?	Hay un médico a bordo; o ... (nombre) está a bordo.
QUA	¿Tiene noticias de ... (nombre o distintivo de llamada o los dos)?	Le envío noticias de ... (nombre o distintivo de llamada o los dos).
QUC	¿Cuál es el número (u otra indicación) del último mensaje mío (o de ... (nombre o distintivo de llamada o los dos)) que ha recibido usted?	El número (u otra indicación) del último mensaje que recibí de usted (o de ... (nombre o distintivo de llamada o los dos)) es ...
	Intercambio de correspondencia	
QOG	¿Cuántas cintas tiene para transmitir?	Tengo ... cintas para transmitir.
QOH	¿Debo transmitir una señal de puesta en fase durante ... segundos?	Transmita una señal de puesta en fase durante ... segundos.

Abreviatura	Pregunta	Respuesta o aviso
Intercambio de correspondencia (cont.)		
QOI	¿Transmito mi cinta?	Transmita su cinta.
QRJ	¿Cuántas peticiones de conferencias radiotelefónicas tiene pendientes?	Tengo pendientes ... peticiones de conferencias radiotelefónicas.
QRU	¿Tiene algo para mí?	No tengo nada para usted.
QSG	¿Debo transmitir ... telegramas de una vez?	Transmita ... telegramas de una vez.
QSI		No he podido interrumpir su transmisión. ¿Quiere usted informar a ... ^o (<i>nombre o distintivo de llamada o los dos</i>) que no he podido interrumpir su transmisión (en ... kHz (<i>o</i> MHz))?
QSK	¿Puede usted oírme entre sus señales y, en caso afirmativo, puedo interrumpirle en su transmisión?	Puedo oírle entre mis señales; puede interrumpirme en mi transmisión.
QSL	¿Puede acusarme recibo?	Le acuso recibo.
QSM	¿Debo repetir el último telegrama que le he transmitido (<i>o</i> un telegrama anterior)?	Repita el último telegrama que me ha transmitido (<i>o</i> telegrama(s) número(s) ...).
QSZ	¿Tengo que transmitir cada palabra o grupo varias veces?	Transmita cada palabra o grupo dos veces (<i>o</i> ... veces).
QTA	¿Debo anular el telegrama (<i>o</i> el mensaje) número ...?	Anule el telegrama (<i>o</i> el mensaje) número ...
QTB	¿Está usted conforme con mi cómputo de palabras?	No estoy conforme con su cómputo de palabras; repetiré la primera letra de cada palabra y la primera cifra de cada número.

Abreviatura	Pregunta	Respuesta o aviso
Intercambio de correspondencia (cont.)		
QTC	¿Cuántos telegramas tiene por transmitir?	Tengo ... telegramas para usted (<i>o para ... (nombre o distintivo de llamada o los dos)</i>).
QTV	¿Debo tomar la escucha en lugar de usted en ... kHz (<i>o MHz</i>) (de las ... a las ... horas)?	Escuche en mi lugar en ... kHz (<i>o MHz</i>) (de las ... a las ... horas).
QTX	¿Quiere usted mantener su estación dispuesta para comunicar conmigo de nuevo, hasta que yo le avise (<i>o hasta ... horas</i>)?	Mi estación permanecerá dispuesta para comunicar con usted, hasta que me avise (<i>o hasta ... horas</i>).
Circulación		
QRE	¿A qué hora piensa llegar a ... (<i>o estar sobre ...</i>) (<i>sitio</i>)?	Pienso llegar a ... (<i>o estar sobre ...</i>) (<i>sitio</i>) a las ... horas.
QRF	¿Vuelve a ... (<i>sitio</i>)?	Sí; vuelvo a ... (<i>sitio</i>). Vuelva a ... (<i>sitio</i>). <i>o</i>
QSH	¿Puede usted recalar usando su equipo radiogoniométrico?	Puedo recalar usando mi equipo radiogoniométrico (a ...) (<i>nombre o distintivo de llamada o los dos</i>).
QTI*	¿Cuál es su rumbo VERDADERO con corrección de la deriva?	Mi rumbo VERDADERO, con corrección de la deriva, es de ... grados.
QTJ*	¿Cuál es su velocidad? <i>(Pregunta la velocidad del barco o aeronave con relación al agua o al aire, respectivamente.)</i>	Mi velocidad es de ... nudos (<i>o de ... kilómetros por hora o de ... millas terrestres por hora</i>). <i>(Indica la velocidad del barco o aeronave con relación al agua o al aire, respectivamente.)</i>

Abreviatura	Pregunta	Respuesta o aviso
	Circulación (cont.)	
QTK*	¿Cuál es la velocidad de su aeronave con relación a la superficie de la Tierra?	La velocidad de mi aeronave con relación a la superficie de la Tierra es de ... nudos (o ... kilómetros por hora o de ... millas terrestres por hora).
QTL*	¿Cuál es su rumbo VERDADERO?	Mi rumbo VERDADERO es ... grados.
QTM*	¿Cuál es su rumbo MAGNÉTICO?	Mi rumbo MAGNÉTICO es ... grados.
QTN	¿A qué hora salió de ... (<i>lugar</i>)?	Sali de.... (<i>lugar</i>) a las ... horas.
QTO	¿Ha salido de bahía (o de puerto)? o	He salido de bahía (o de puerto). o
	¿Ha despegado usted?	He despegado.
QTP	¿Va a entrar en bahía (o en puerto)? o	Voy a entrar en bahía (o en puerto). o
	¿Va usted a amarar (o a aterrizar)?	Voy a amarar (o a aterrizar).
QUN	<p>1. <i>Cuando se dirija a todas las estaciones:</i> Ruego a los barcos que se encuentren en mis proximidades inmediatas ... o (en las proximidades de ... latitud, ... longitud) o (en las proximidades de ...), que indiquen su situación, rumbo VERDADERO y velocidad.</p> <p>2. <i>Cuando se dirija a una sola estación:</i> Ruego indique su situación, rumbo VERDADERO y velocidad.</p>	Mi situación, rumbo VERDADERO y velocidad son ...

Abreviatura	Pregunta	Respuesta o aviso
QUB*	<p style="text-align: center;">Meteorología</p> <p>¿Puede darme en el siguiente orden datos acerca de la dirección VERDADERA en grados y la velocidad del viento en la superficie, visibilidad, condiciones meteorológicas actuales, y cantidad, tipo y altura de la base de nubes sobre <i>(lugar de observación)</i>?</p>	<p>He aquí los datos solicitados: ... <i>(Deberán indicarse las unidades empleadas para velocidades y distancias.)</i></p>
QUH*	<p>¿Quiere indicarme la presión barométrica actual al nivel del mar?</p>	<p>La presión barométrica actual al nivel del mar es de ... <i>(unidades)</i>.</p>
QUX	<p>¿Tiene usted algún aviso a los navegantes o aviso de tempestad en vigor?</p>	<p>Tengo el(los) siguiente(s) aviso(s) a los navegantes o aviso(s) de tempestad: ...</p>
QTE	<p style="text-align: center;">Radiogoniometría</p> <p>¿Cuál es mi marcación VERDADERA con relación a usted?</p> <p style="text-align: right;"><i>o</i></p> <p>¿Cuál es mi marcación VERDADERA con relación a ... <i>(nombre o distintivo de llamada o los dos)</i>?</p> <p style="text-align: right;"><i>o</i></p> <p>¿Cuál es la marcación VERDADERA de ... <i>(nombre o distintivo de llamada o los dos)</i> con relación a ... <i>(nombre o distintivo de llamada o los dos)</i>?</p>	<p>Su marcación VERDADERA con relación a mí es de ... grados a ... horas.</p> <p style="text-align: right;"><i>o</i></p> <p>Su marcación VERDADERA con relación a ... <i>(nombre o distintivo de llamada o los dos)</i> era de ... grados a ... horas.</p> <p style="text-align: right;"><i>o</i></p> <p>La marcación VERDADERA de ... <i>(nombre o distintivo de llamada o los dos)</i> con relación a ... <i>(nombre o distintivo de llamada o los dos)</i> era de ... grados a ... horas.</p>

Abreviatura	Pregunta	Respuesta o aviso
	Radiogoniometría (cont.)	
QTF	¿Quiere indicarme mi situación con arreglo a las marcaciones tomadas por las estaciones radiogoniométricas que usted controla?	Su situación basada en las marcaciones tomadas por las estaciones radiogoniométricas que controla, era ... latitud, ... longitud (<i>o cualquier otra indicación de posición</i>), clase ... a ... horas.
QTG	<p>¿Quiere transmitir dos rayas de diez segundos (<i>o la portadora durante dos periodos de diez segundos</i>), seguidas de su distintivo de llamada (<i>o su nombre</i>) (repetidas ... veces) en ... kHz (<i>o MHz</i>)?</p> <p style="text-align: center;"><i>o</i></p> <p>¿Quiere pedir a ... (<i>nombre o distintivo de llamada o los dos</i>) que transmita dos rayas de diez segundos (<i>o la portadora durante dos periodos de diez segundos</i>), seguidas de su distintivo de llamada (<i>o su nombre, o los dos</i>) (repetidas ... veces) en ... kHz (<i>o MHz</i>)?</p>	<p>Voy a transmitir dos rayas de diez segundos (<i>o la portadora durante dos periodos de diez segundos</i>), seguidas de mi distintivo de llamada (<i>o mi nombre</i>) (repetidas ... veces) en ... kHz (<i>o MHz</i>).</p> <p style="text-align: center;"><i>o</i></p> <p>He pedido a ... (<i>nombre o distintivo de llamada o los dos</i>) que transmita dos rayas de diez segundos (<i>o la portadora durante dos periodos de diez segundos</i>), seguidas de su distintivo de llamada (<i>o su nombre, o los dos</i>) (repetidas ... veces) en ... kHz (<i>o MHz</i>).</p>
	Cesación del trabajo	
QRT	¿Debo cesar de transmitir?	Cese de transmitir.
QUM	¿Puedo reanudar mi tráfico normal?	Puede reanudar su tráfico normal.
QUZ	¿Puedo reanudar mi trabajo restringidamente?	Continúa aún la situación de socorro, pero puede reanudar su trabajo restringidamente.
	Seguridad	
QOE	¿Ha recibido la señal de seguridad transmitida por ... (<i>nombre o distintivo de llamada o los dos</i>)?	He recibido la señal de seguridad de ... (<i>nombre o distintivo de llamada o los dos</i>).

Abreviatura	Pregunta	Respuesta o aviso
	Seguridad (cont.)	
QUX	¿Tiene usted algún aviso a los navegantes o aviso de tempestad en vigor?	Tengo el(los) siguiente(s) aviso(s) a los navegantes o aviso(s) de tempestad: ...
	Urgencia	
QUD	¿Ha recibido la señal de urgencia transmitida por ... (<i>nombre o distintivo de llamada o los dos</i>)?	He recibido la señal de urgencia transmitida por ... (<i>nombre o distintivo de llamada o los dos</i>) a las ... horas.
	Socorro	
QOJ	¿Quiere usted ponerse a la escucha en ... kHz (<i>o</i> MHz) de señales de radiobalizas de localización de siniestros?	Estoy a la escucha en ... kHz (<i>o</i> MHz) de señales de radiobalizas de localización de siniestros.
QOK	¿Ha recibido usted las señales de una radiobaliza de localización de siniestros en ... kHz (<i>o</i> MHz)?	He recibido las señales de una radiobaliza de localización de siniestros en ... kHz (<i>o</i> MHz).
QUF	¿Ha recibido la señal de socorro transmitida por ... (<i>nombre o distintivo de llamada o los dos</i>)?	He recibido la señal de socorro transmitida por ... (<i>nombre o distintivo de llamada o los dos</i>) a las ... horas.
QUM	¿Puedo reanudar mi tráfico normal?	Puede reanudar su tráfico normal.
QUZ	¿Puedo reanudar mi trabajo restringidamente?	Continúa aún la situación de socorro, pero puede reanudar su trabajo restringidamente.
	Búsqueda y salvamento	
QSE*	¿Cuál es la deriva estimada de la embarcación o dispositivo de salvamento?	La deriva estimada de la embarcación o dispositivo de salvamento es ... (<i>cifras y unidades</i>).

Abreviatura	Pregunta	Respuesta o aviso
	Búsqueda y salvamento (cont.)	
QSF*	¿Ha efectuado usted el salvamento?	He efectuado el salvamento y me dirijo a la base de ... (con ... personas heridas que requieren una ambulancia).
QTD*	¿Qué ha recogido el barco de salvamento o la aeronave de salvamento?	... (<i>identificación</i>) ha recogido: ... 1. ... (<i>número</i>) supervivientes 2. restos de naufragio 3. ... (<i>número</i>) cadáveres.
QTW*	¿Cómo se encuentran los supervivientes?	Los supervivientes se encuentran en ... estado y necesitan urgentemente ...
QTY*	¿Se dirige usted al lugar del siniestro y, en tal caso, cuándo espera llegar?	Me dirijo al lugar del siniestro y espero llegar a las ... horas ... (<i>fecha</i>).
Q TZ*	¿Continúa usted la búsqueda?	Continúo la búsqueda de ... (aeronave, barco, embarcación o dispositivo de salvamento, supervivientes o restos).
QUN	<p>1. <i>Cuando se dirija a todas las estaciones:</i> Ruego a los barcos que se encuentren en mis proximidades inmediatas ... o (en las proximidades de ... latitud, ... longitud) o (en las proximidades de ...), que indiquen su situación, rumbo VERDADERO y velocidad.</p> <p>2. <i>Cuando se dirija a una sola estación:</i> Ruego indique su situación, rumbo VERDADERO y velocidad.</p>	Mi situación, rumbo VERDADERO y velocidad son ...

Abreviatura	Pregunta	Respuesta o aviso
QUO*	<p>Búsqueda y salvamento (cont.)</p> <p>¿Tengo que buscar:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. una aeronave 2. un barco 3. una embarcación o dispositivo de salvamento en las proximidades de ... latitud, ... longitud (o según otra indicación). 	<p>Sírvase buscar:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. una aeronave 2. un barco 3. una embarcación o dispositivo de salvamento en las proximidades de ... latitud, ... longitud (o según otra indicación).
QUP*	<p>¿Quiere usted indicar su situación mediante:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. reflector 2. humo negro 3. señales pirotécnicas? 	<p>Mi situación se indica mediante:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. reflector 2. humo negro 3. señales pirotécnicas.
QUR*	<p>¿Los supervivientes han ...</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. recibido equipo salvavidas 2. sido recogidos por un barco 3. sido encontrados por un grupo de salvamento de tierra? 	<p>Los supervivientes ...</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. están en posesión de equipo salvavidas lanzado por ... 2. han sido recogidos por un barco 3. han sido encontrados por un grupo de salvamento de tierra.
QUS*	<p>¿Ha visto supervivientes o restos? En caso afirmativo, ¿en qué sitio?</p>	<p>He visto ...</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. supervivientes en el agua 2. supervivientes en balsas 3. restos en ... latitud, ... longitud, ... (u otra indicación).
QUT*	<p>¿Ha sido señalado el lugar del accidente?</p>	<p>El lugar del accidente está señalado mediante:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. baliza flamígera o fumígena 2. boya 3. producto colorante 4. ... (especificar cualquier otra indicación).

Abreviatura	Pregunta	Respuesta o aviso
QUU*	<p>Búsqueda y salvamento (cont.)</p> <p>¿Debo dirigir el barco o la aeronave hacia mi posición?</p>	<p>Dirija el barco o la aeronave ... <i>(nombre o distintivo de llamada o los dos)</i> ...</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. hacia su posición transmitiendo su propio distintivo de llamada y rayas largas en ... kHz (o MHz) 2. transmitiendo en ... kHz (o MHz) el rumbo VERDADERO, con corrección de deriva, para llegar a usted.
QUW*	<p>¿Está usted en la zona de búsqueda designada como ... <i>(símbolo de la zona o latitud y longitud)</i>?</p>	<p>Estoy en la zona de búsqueda ... <i>(designación)</i>.</p>
QUY*	<p>¿Se ha señalado la posición de la embarcación o dispositivo de salvamento?</p>	<p>La posición de la embarcación o dispositivo de salvamento se marcó a las ... horas mediante:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. baliza flamígera o fumígena 2. boya 3. producto colorante 4. ... <i>(especifíquese cualquier otra señal)</i>.
QUZ	<p>¿Puedo reanudar mi trabajo restringidamente?</p>	<p>Continúa aún la situación de socorro, pero puede reanudar su trabajo restringidamente.</p>
QTT	<p>Identificación</p>	<p>La señal de identificación que sigue superpuesta a otra emisión.</p>

Sección II. Abreviaturas y señales diversas

Abreviatura o señal	Definición
AA	Todo después de ... <i>(Se utiliza, después de un signo de interrogación, en radiotelegrafía, o después de RQ, en radiotelefonía (en caso de dificultades de idioma), o después de RPT para pedir una repetición.)</i>
AB	Todo antes de ... <i>(Se utiliza, después de un signo de interrogación, en radiotelegrafía, o después de RQ, en radiotelefonía (en caso de dificultades de idioma), o después de RPT para pedir una repetición.)</i>
ADS	Dirección. <i>(Se utiliza, después de un signo de interrogación, en radiotelegrafía, o después de RQ, en radiotelefonía (en caso de dificultades de idioma), o después de RPT para pedir una repetición.)</i>
AR, <u> </u>	Fin de transmisión.
AS, <u> </u>	Espera.
BK	Señal utilizada para interrumpir una transmisión en marcha.
BN	Todo entre ... y ... <i>(Se utiliza, después de un signo de interrogación, en radiotelegrafía, o después de RQ, en radiotelefonía (en caso de dificultades de idioma), o después de RPT para pedir una repetición.)</i>
BQ	Respuesta a RQ.
BT, <u> </u>	Señal de separación entre las distintas partes de la misma transmisión.
C	<i>Respuesta afirmativa sí; o el grupo anterior debe entenderse como una afirmación.</i>
CFM	Confirme (o Confirmo).
CL	Cierro mi estación.
COL	Colacione (o Colaciono).
CORREC- CIÓN	Anule mi última palabra o grupo; sigue la palabra o el grupo correcto <i>(usado en radiotelefonía y pronunciado CO-REC-CHON, con acento en la segunda sílaba).</i>
CP	Llamada general a dos o más estaciones especificadas <i>(véase la Recomendación UIT-R M.1170).</i>
CQ	Llamada general a todas las estaciones.
CS	Distintivo de llamada. <i>(Se utiliza para pedir un distintivo de llamada.)</i>

Nota: En radiotelegrafía, la colocación de una raya sobre las letras constitutivas de una señal indica que las letras han de transmitirse como un solo signo.

Abreviatura o señal	Definición
DE	«De ...» (utilizada delante del nombre u otra señal de identificación de la estación que llama.)
DF	Su marcación a ... horas, era ... grados, en el sector dudoso de esta estación, con un error posible de ... grados.
DO	Marcación dudosa. Pida otra marcación más tarde (o a ... horas).
DSC	Llamada selectiva digital.
E	Este (punto cardinal)
ETA	Hora estimada de llegada.
INTERCO	Los grupos que siguen pertenecen al Código Internacional de Señales (usado en radiotelefonía y pronunciado IN-TER-CO).
K	Invitación a transmitir.
KA, —	Señal de comienzo de transmisión.
KTS	Millas náuticas por hora (<i>nudos</i>).
MIN	Minuto (o Minutos).
MSG	Prefijo que indica un mensaje con destino al capitán de un barco o procedente del mismo, relativo a la explotación del barco o a su navegación.
MSI	Información sobre seguridad marítima.
N	Norte (punto cardinal)
NBDP	Telegrafía de impresión directa de banda estrecha.
NIL	No tengo nada que transmitir a usted.
NO	No (<i>negación</i>).
NW	Ahora.
NX	Aviso a los navegantes marítimos (o sigue un aviso a los navegantes marítimos).
OK	Estamos de acuerdo (o Está bien).
OL	Carta transoceánica.
P	Prefijo que indica un radiotelegrama privado.
PBL	Preámbulo. (Se utiliza, después de un signo de interrogación, en radiotelegrafía, o después de RQ, en radiotelefonía (en caso de dificultades de idioma), o después de RPT para pedir una repetición.)
PSE	Por favor.
R	Recibido.

Abreviatura o señal	Definición
RCC	Centro de coordinación de salvamento.
REF	Referencia a ... (<i>o Refiérase a ...</i>).
RPT	Repita (<i>o Repito</i>) (<i>o Repitan</i>).
RQ	Indicación de una petición.
S	Sur (punto cardinal)
SAR	Búsqueda y salvamento.
SIG	Firma. (<i>Se utiliza, después de un signo de interrogación, en radiotelegrafía, o después de RQ, en radiotelefonía (en caso de dificultades de idioma), o después de RPT para pedir una repetición.</i>)
SLT	Carta radiomarítima.
SVC	Prefijo que indica un telegrama de servicio.
SYS	Refiérase a su telegrama de servicio.
TFC	Tráfico.
TR	Empleado por una estación terrestre para pedir la posición y el próximo puerto de escala de una estación móvil; se emplea también como prefijo en la respuesta.
TU	Gracias.
TXT	Texto. (<i>Se utiliza, después de un signo de interrogación, en radiotelegrafía, o después de RQ, en radiotelefonía (en caso de dificultades de idioma), o después de RPT para pedir una repetición.</i>)
VA,	Fin del trabajo.
W	Oeste (punto cardinal).
WA	Palabras después de ... (<i>Se utiliza, después de un signo de interrogación, en radiotelegrafía, o después de RQ, en radiotelefonía (en caso de dificultades de idioma), o después de RPT para pedir una repetición.</i>)
WB	Palabra antes de ... (<i>Se utiliza, después de un signo de interrogación, en radiotelegrafía, o después de RQ, en radiotelefonía (en caso de dificultades de idioma), o después de RPT para pedir una repetición.</i>)
WD	Palabra(s) o Grupo(s).
WX	Parte meteorológico (<i>o Sigue un parte meteorológico</i>).
XQ	Prefijo utilizado para indicar la transmisión de una nota de servicio.
YZ	Las palabras que siguen están en lenguaje claro.

RECOMENDACIÓN UIT-R M.1173-1*

Características técnicas de los transmisores de banda lateral única utilizados para la radiotelefonía en el servicio móvil marítimo, en las bandas comprendidas entre 1 606,5 kHz (1 605 kHz en la Región 2) y 4 000 kHz y entre 4 000 kHz y 27 500 kHz

(1995-2012)

Cometido

En esta Recomendación se describen las características técnicas de los transmisores de banda lateral única utilizados para la radiotelefonía en el servicio móvil marítimo en ondas hectométricas y decamétricas.

La Asamblea de Radiocomunicaciones de la UIT,

considerando

a) que es necesario describir las características técnicas de los transmisores de banda lateral única en las bandas comprendidas entre 1 606,5 kHz (1 605 kHz en la Región 2) y 4 000 kHz y entre 4 000 kHz y 27 500 kHz,

recomienda

1 que los transmisores de banda lateral única utilizados para la radiotelefonía en el servicio móvil marítimo, en las bandas comprendidas entre 1 606,5 kHz (1 605 kHz en la Región 2) y 4 000 kHz y entre 4 000 kHz y 27 500 kHz se diseñen para cumplir las características técnicas indicadas en el Anexo 1.

Anexo 1**Características técnicas de los transmisores de banda lateral única utilizados para la radiotelefonía en el servicio móvil marítimo, en las bandas comprendidas entre 1 606,5 kHz (1 605 kHz en la Región 2) y 4 000 kHz y entre 4 000 kHz y 27 500 kHz**

1 Potencia de la portadora:

Para las emisiones de clase J3E, la potencia de la portadora será por lo menos de 40 dB inferior a la potencia en la cresta de la envolvente de la emisión.

2 Las estaciones costeras y las de barco transmitirán en la banda lateral superior solamente.

* Esta Recomendación debe señalarse a la atención de la Organización Marítima Internacional (OMI), la Comisión Electrotécnica Internacional (CEI) y el Comité Internacional Radiomarítimo (CIRM).

- 3 La banda de audiofrecuencia transmitida debe extenderse de 350 Hz a 2 700 Hz y la variación de amplitud en función de la frecuencia no será superior a 6 dB.
- 4 La frecuencia de la portadora de los transmisores se mantendrá dentro de las tolerancias especificadas en el Apéndice 2 del Reglamento de Radiocomunicaciones.
- 5 La modulación de frecuencia no deseada de la onda portadora debe ser lo suficientemente reducida para no crear distorsiones perjudiciales.
- 6 Cuando se utilicen emisiones de clase H3E o J3E, la potencia de toda emisión no deseada aplicada a la línea de alimentación de la antena en toda frecuencia debe mantenerse, cuando el transmisor funcione con su potencia en la cresta de la envolvente, dentro de los límites que se indican en el Cuadro siguiente:

Diferencia Δ entre la frecuencia de la emisión no deseada y la frecuencia asignada (kHz)	Atenuación mínima respecto a la potencia en la cresta de la envolvente
$1,5 < \Delta \leq 4,5$	31 dB
$4,5 < \Delta \leq 7,5$	38 dB
$7,5 < \Delta$	43 dB sin que la potencia de la emisión no deseada supere los 50 mW

En lo que se refiere a las emisiones fuera de banda y a las emisiones no esenciales que resultan del proceso de modulación, pero que no entran en el espectro de las emisiones fuera de banda cuando se quiera comprobar si una transmisión con onda portadora suprimida satisface estas condiciones, podrá aplicarse a la entrada del transmisor una señal constituida por dos audiofrecuencias suficientemente alejadas entre sí para que todos los productos de intermodulación aparezcan en frecuencias que disten como mínimo 1,5 kHz de la frecuencia asignada.

RECOMENDACIÓN UIT-R M.1174-4

Características técnicas de los equipos utilizados para las comunicaciones a bordo de barcos en las bandas comprendidas entre 450 y 470 MHz

(1995-1998-2004-2015-2019)

Cometido

Esta Recomendación describe las características técnicas de los equipos que funcionan en los servicios móviles marítimos de acuerdo con las disposiciones del número **5.287** del Reglamento de Radiocomunicaciones (RR) para comunicaciones a bordo de barcos. Se consideran separaciones de canales de 25 kHz o 12,5 kHz para las tecnologías analógica y digital. Además, el canal de 6,25 kHz también puede utilizarse para la tecnología digital.

Palabras clave

Aguas territoriales, comunicaciones a bordo, disposición de frecuencias, marítimo, separación de canales, ondas decimétricas,

Abreviaturas/Glosario

- Ch. Número de canal
 DCS Silenciador codificado digital (*digital coded squelch*)
 FSK Modulación por desplazamiento de frecuencia

La Asamblea de Radiocomunicaciones de la UIT,

considerando

- a) que es necesario describir las características de los equipos utilizados para las comunicaciones a bordo de barcos en las bandas comprendidas entre 450 y 470 MHz;
- b) que recientemente se han producido cambios en lo que respecta a la disponibilidad de frecuencias,

recomienda

- 1 que los transmisores y receptores utilizados en el servicio móvil marítimo para comunicaciones a bordo de barcos en las bandas comprendidas entre 450 y 470 MHz se adapten a las características técnicas indicadas en el Anexo 1;
- 2 que, para la tecnología analógica, el uso de sistemas silenciadores controlados por tono continuo o de sistemas silenciadores codificados digitales (DCS) constituye un mecanismo efectivo para mitigar la impresión de congestión que pueda apreciar el usuario;
- 3 que, para la tecnología digital, el uso de DCS o un equivalente operacional podría emplearse para disminuir la impresión de congestión que pueda apreciar el usuario;
- 4 que, durante el funcionamiento, para detectar si existe un canal disponible para funcionar, se aconseje emplear un método de escuchar antes de hablar como posible técnica de mitigación;
- 5 que se aliente a los armadores a que, cuando sustituyan o instalen equipos de comunicaciones a bordo de los buques, instalen equipos que utilicen una separación de canales de 12,5 kHz o 6,25 kHz.

Anexo 1

Características técnicas de los equipos utilizados para las comunicaciones a bordo de barcos en las bandas comprendidas entre 450 y 470 MHz

- 1 Los equipos deben ir provistos del número suficiente de canales para conseguir un servicio satisfactorio en la zona prevista.
- 2 La potencia radiada aparente debe limitarse al mínimo necesario para obtener un servicio satisfactorio pero en ningún caso debe ser superior a 2 W. Cuando sea posible, los equipos deben ir provistos de un dispositivo adecuado que permita reducir fácilmente la potencia de salida en, por lo menos, 10 dB.
- 3 Cuando los equipos se instalen en puntos fijos de los barcos, la altura de la antena no debe sobrepasar el nivel superior del puente en más de 3,5 m.

	Canales con una separación de 25 kHz Tecnología analógica	Canales con una separación de 12,5 kHz Tecnología analógica
4	Debe utilizarse únicamente modulación de frecuencia con una preacentuación de 6 dB/octava (modulación de fase (MP))	Debe utilizarse únicamente modulación de frecuencia con una preacentuación de 6 dB/octava (MP)
5	La desviación de frecuencia correspondiente al 100% de modulación debe ser de ± 5 kHz en la medida de lo posible. En ningún caso debe ser superior a ± 5 kHz	La desviación de frecuencia correspondiente al 100% de modulación debe ser de $\pm 2,5$ kHz en la medida de lo posible. En ningún caso debe ser superior a $\pm 2,5$ kHz
6	La tolerancia de frecuencia debe ser de 5×10^{-6}	La tolerancia de frecuencia debe ser de $2,5 \times 10^{-6}$
7	La banda de audiofrecuencia debe limitarse a 3 000 Hz	La banda de audiofrecuencia debe limitarse a 2 550 Hz
	Canales con una separación de 25 kHz Tecnología digital	Canales con una separación de 12,5 kHz Tecnología digital
8	Debe utilizarse únicamente modulación de envolvente constante, titulada 4FSK (modulación por desplazamiento de frecuencia de 4 niveles)	Debe utilizarse únicamente modulación de envolvente constante, titulada 4FSK (modulación por desplazamiento de frecuencia de 4 niveles)
9	La desviación de frecuencia se limita a $\pm 3 024$ Hz	La desviación de frecuencia se limita a $\pm 1 471$ Hz
10	Máximo error de frecuencia de transmisión: ± 2 ppm Máximo error de deriva del reloj de tiempo de base: ± 2 ppm	Máximo error de frecuencia de transmisión: $\pm 1,5$ ppm Máximo error de deriva del reloj de tiempo de base: ± 2 ppm

11 Las señales de telemando, teledirigida, y otras señales distintas de las telefónicas como la radiomensajería, deben codificarse para reducir al mínimo la posibilidad de que las señales interferentes accionen los dispositivos correspondientes. Las frecuencias especificadas en el § 15 siguiente para las comunicaciones a bordo pueden ser utilizadas para la explotación en modo símplex en una sola frecuencia o en dos frecuencias.

12 Cuando se utilizan en modo dúplex, las frecuencias del transmisor de base deben seleccionarse de la gama más baja para lograr un mejor funcionamiento.

13 En general, si fuera preciso emplear repetidores a bordo de un barco, deben utilizarse las bandas de frecuencias descritas en los números **5.287** y **5.288** del RR. Las disposiciones de frecuencias dúplex detalladas se describen en el § 15 siguiente.

14 En las aguas territoriales, dichas frecuencias deben emplearse con arreglo a lo dispuesto en la normativa nacional.

15 Frecuencias

Las bandas de frecuencias especificadas en el número **5.287** del RR (sujetas a la reglamentación nacional) se utilizarán con la siguiente disposición:

Canal inferior					
Canal 25 kHz		Canal 12,5 kHz		Canal 6,25 kHz	
Ch.	MHz	Ch.	MHz	Ch.	MHz
1	457,525	11	457,5250	102	457,515625
				111	457,521875
				112	457,528125
2	457,550	12	457,5375	121	457,534375
				122	457,540625
				131	457,546875
				132	457,553125
3	457,575	14	457,5625	141	457,559375
				142	457,565625
				151	457,571875
3	457,575	15	457,5750	152	457,578125
				161	457,584375

Canal superior					
Canal 25 kHz		Canal 12,5 kHz		Canal 6,25 kHz	
Ch.	MHz	Ch.	MHz	Ch.	MHz
4	467,525	21	467,5250	202	467,515625
				211	467,521875
				212	467,528125
5	467,550	22	467,5375	221	467,534375
				222	467,540625
				231	467,546875
				232	467,553125
6	467,575	24	467,5625	241	467,559375
				242	467,565625
				251	467,571875
6	467,575	25	467,5750	252	467,578125
				261	467,584375

NOTA – El repetidor debe utilizarse con parejas de canal inferior y canal superior con una separación de frecuencias de exactamente 10 MHz (por ejemplo, Ch. 2 y Ch. 5, Ch. 11 y Ch. 21).

Se trata de la interferencia del sistema digital al sistema analógico existente. Se invita a las administraciones a estudiar las repercusiones de la comunicación analógica, especialmente la que funciona con el canal inferior.

RECOMENDACIÓN UIT-R M.1187-1

Método de cálculo de la región potencialmente afectada para una red del servicio móvil por satélite que funcione en la gama de 1-3 GHz y utilice órbitas circulares

(Cuestiones UIT-R 83/8 y UIT-R 201/8)

(1995-2006)

Cometido

Esta Recomendación define el término «arco de servicio activo» y da un método de cálculo de la «región afectada» al asignar frecuencias a estaciones de sistemas del servicio móvil por satélite (SMS) que funcionan entre 1 y 3 GHz y ayuda a identificar las administraciones cuyas asignaciones pueden quedar incluidas en la «región afectada».

La Asamblea de Radiocomunicaciones de la UIT,

considerando

- a) que es necesario elaborar Recomendaciones sobre los métodos de coordinación, los datos orbitales que se requieren en relación con los sistemas de satélites no geoestacionarios y los criterios de compartición;
- b) que los sistemas de satélites no geoestacionarios que implementen estas atribuciones al servicio móvil por satélite (SMS) pueden tener constelaciones distintas con diferentes altitudes y distintos ángulos de inclinación;
- c) que es necesario definir el «arco de servicio activo»;
- d) que es necesario definir una zona en la que otros servicios, incluyendo el SMS, pudieron resultar afectadas y en la que pueda efectuarse la coordinación para la cual esta Recomendación no define los criterios y métodos pertinentes;
- e) que es necesario elaborar más el concepto de «región afectada» (que no debe confundirse con el de «zona de coordinación») para los sistemas del SMS que funcionan entre 1 y 3 GHz,

reconociendo

1 que el Capítulo III del Reglamento de Radiocomunicaciones (RR), incluye el procedimiento que ha de seguirse para efectuar la coordinación entre sistemas del SMS para ciertas bandas en el marco del Cuadro de atribución de bandas de frecuencias del RR en la gama de frecuencias de 1-3 GHz,

recomienda

1 que se defina el «arco de servicio activo» como el lugar geométrico de puntos orbitales de una constelación SMS que describe en qué punto se encuentran transmitiendo o recibiendo los satélites. El operador del SMS calcula el arco que utiliza características específicas de un sistema, tales como las constelaciones, las órbitas, las características de antena del vehículo espacial y la p.i.r.e., que garantizan la consecución de los objetivos de servicio de ese sistema para una determinada zona de servicio;

2 que cuando se publique un arco de servicio activo específico, se utilice la metodología del Anexo 1 para permitir identificar las administraciones cuyas asignaciones puedan incluirse en la región afectada, según se define en el Anexo 1 (véase la Nota 1).

NOTA 1 – Esta metodología podría mejorarse aun teniendo en cuenta características técnicas más precisas del sistema del SMS.

Anexo 1

Método de cálculo de la región potencialmente afectada para una red del SMS que funcione en la gama de 1-3 GHz y utilice órbitas circulares

1 Introducción

Este Anexo define una metodología para calcular la «región afectada». Esta región afectada debe utilizarse para identificar los sistemas que funcionen en la misma frecuencia del SMS, y otros servicios con rango igual o superior de otras administraciones que pudieran resultar afectados por el funcionamiento de la red del SMS. En primer lugar, se representa el lugar geométrico de los puntos del arco orbital del satélite que corresponden a aquéllos en que el satélite estará activo dando cobertura a su zona de servicio. A continuación, se representan en la superficie de la Tierra los correspondientes emplazamientos subsatelitales. Se define entonces la región afectada como el conjunto de las zonas de la Tierra que tienen visibilidad del vehículo espacial y se asocia al perímetro del lugar geométrico subsatelital.

Esta metodología para calcular la región afectada identifica las administraciones cuyas asignaciones de frecuencia pudieran resultar afectadas.

Se reconoce que puede recurrirse a otra metodología para determinar las asignaciones de frecuencia afectadas de otras administraciones con respecto a una estación espacial del SMS y su zona de servicio asociada y que la incorporación de esta metodología en una Recomendación UIT-R no haría obligatoria su utilización.

El empleo de esta metodología para calcular una región afectada no cambia el rango (primario o secundario) de los servicios radioeléctricos de dicha región.

2 Cálculo de la región afectada

Sea el cuadrilátero *A* representado en la Fig. 1 la zona subsatelital activa necesaria para dar servicio a una administración con un sistema típico del SMS. Véase que la zona subsatelital no coincide necesariamente con las fronteras de la administración. La distancia, *D*, de la Fig. 1 es la existente entre el perímetro exterior de *A* al punto del campo de visión (FOV) desde el satélite. El FOV se extiende, por definición, hasta los límites del horizonte visible desde el satélite. La región afectada total es entonces la zona total calculada desde los extremos de la zona subsatelital a la distancia *D*. Para constelaciones circulares esta *D* será una distancia constante en el círculo máximo, que aumenta conforme al aumento de altitud del satélite.

2.1 Cálculo de la anchura de la corona de la región afectada

Este punto presenta una metodología para calcular la distancia que debe utilizarse al trazar el perímetro exterior alrededor de las zonas subsatelitales activas a fin de crear la región afectada.

La Fig. 2 ilustra el cálculo de la distancia D al perímetro exterior que es la distancia desde el extremo de la zona subsatelital A al FOV del satélite en el extremo exterior de la zona activa. La región afectada se define de la siguiente manera:

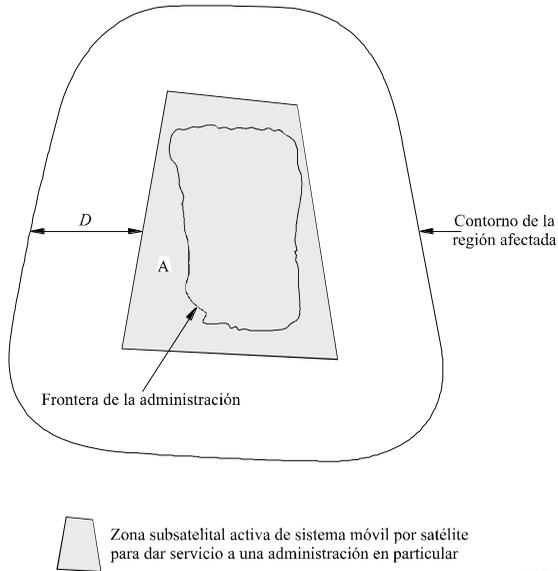
Región afectada: zona de la superficie de la Tierra que se calcula definiendo una distancia D a partir del perímetro de la zona subsatelital activa A, correspondiente al campo máximo de visión desde los satélites en el perímetro del arco de servicio activo. La región incluye también las administraciones que se encuentran dentro de la zona subsatelital activa.

El arco de servicio activo y la zona subsatelital activa se definen como sigue:

Arco de servicio activo: véase la definición en el *recomienda 1*.

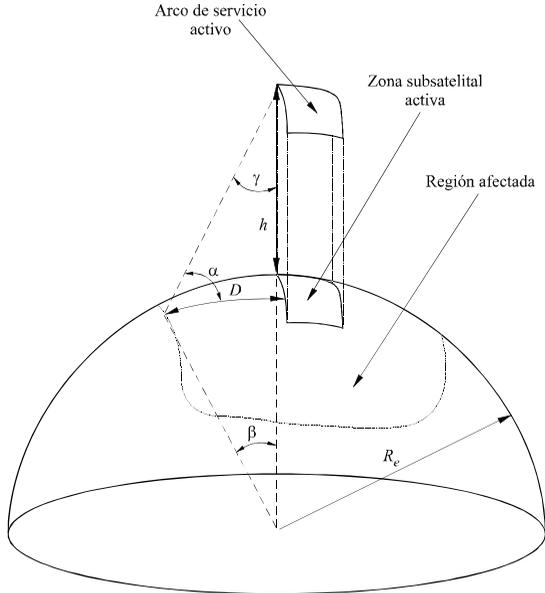
Zona subsatelital activa: proyección hacia el nadir desde el arco de servicio activo a puntos de la superficie de la Tierra. El perímetro de esta zona se define en coordenadas geocéntricas (latitud/longitud).

FIGURA 1
Representación de una zona subsatelital activa necesaria para dar servicio a una administración y su región afectada



1187-01

FIGURA 2
Geometría necesaria para calcular la anchura de la corona, D ,
que rodea a la zona subsatelital



1187-02

Definición de las variables:

R_e : radio de la Tierra

h : altitud del satélite

γ : ángulo hacia el nadir visto desde el satélite entre el extremo del perímetro subsatelital y el extremo de su campo de visión

β : ángulo geocéntrico desde el extremo de la zona subsatelital al extremo del campo de visión

α : ángulo de elevación

D : distancia en la Tierra desde el perímetro de la zona subsatelital activa al punto del ángulo de elevación de 0° (límites máximos del campo de visión).

Las fórmulas necesarias para calcular la distancia D son:

$$\beta = \cos^{-1} [R_e / (R_e + h)] \quad (1)$$

$$D = R_e \beta \quad \text{rad} \quad (2)$$

Una vez calculado D , puede utilizarse para determinar la región afectada junto con la zona subsatelital.

2.2 Ejemplo de cálculo de una región afectada

Este punto ofrece un ejemplo de cálculo de la región afectada para un sistema móvil por satélite que vaya a prestar servicio en el territorio de una administración. La administración tomada como

ejemplo es Italia y la Fig. 3 ilustra la zona subsatelital necesaria para dar servicio al país con un sistema móvil por satélite LEO A (Recomendación UIT-R M.1184).

FIGURA 3
Zona subsatelital activa ficticia para Italia



1187-03

Los parámetros necesarios para calcular la región afectada son:

- Altitud del satélite: 780 km
- Radio de la Tierra: 6367 km
- Anchura de la zona subsatelital: 1140 km
- Longitud de la zona subsatelital: 1625 km

Véase que la zona activa subsatelital se ha escogido suponiendo que la zona de servicio es la de la Administración italiana y se trata sólo de un ejemplo. La zona subsatelital real de Italia para cualquier sistema móvil por satélite puede diferir bastante, dependiendo de las características específicas del sistema de redes de satélite.

Utilizando las ecuaciones (1) y (2) en este caso, $\beta = 27^\circ$ y $D = 3\,000$ km, de forma que la distancia D con la que hay que ampliar la zona subsatelital es de 3 000 km. Por tanto, en el ejemplo de zona subsatelital de la Fig. 3 la región afectada llegará hasta la parte noroccidental de Sudán, Rusia occidental (incluyendo Moscú), el norte de Noruega y Mauritania.

RECOMENDACIÓN UIT-R S.1256-0

METODOLOGÍA PARA DETERMINAR LA DENSIDAD DE FLUJO DE POTENCIA TOTAL MÁXIMA EN LA ÓRBITA DE LOS SATÉLITES GEOESTACIONARIOS EN LA BANDA 6700-7075 MHz PRODUCIDA POR ENLACES DE CONEXIÓN DE SISTEMAS DE SATÉLITES NO GEOESTACIONARIOS DEL SERVICIO MÓVIL POR SATÉLITE EN EL SENTIDO DE TRANSMISIÓN ESPACIO-TIERRA

(Cuestión UIT-R 206/4)

(1997)

La Asamblea de Radiocomunicaciones de la UIT,

considerando

- a) que la banda 6700-7075 MHz está atribuida al servicio fijo por satélite (SFS), en el sentido espacio-Tierra, a título primario, para utilización por enlaces de conexión que funcionan con redes de satélites no geoestacionarios del servicio móvil por satélite (SMS);
- b) que la banda 6700-7075 MHz está atribuida también al SFS en el sentido Tierra-espacio, a título primario, y la banda 6725-7025 MHz sujeta al Plan de Adjudicaciones del Apéndice 30B del Reglamento de Radiocomunicaciones (RR) para redes de satélites geoestacionarios;
- c) que, en virtud del número S22.5A del RR, la densidad de flujo de potencia (dfp) total máxima producida dentro de $\pm 5^\circ$ de la órbita de los satélites geoestacionarios (OSG) por un sistema de satélites no geoestacionarios del SFS no deberá exceder de -168 dB(W/m²) en cualquier banda de 4 kHz de anchura;
- d) que la Resolución 115 de la Conferencia Mundial de Radiocomunicaciones (Ginebra, 1995) (CMR-95) invita al UIT-R a elaborar una metodología para determinar la densidad de flujo de potencia total máxima producida en la OSG por una red de satélites no geoestacionarios;
- e) que las redes de satélites no geoestacionarios del SMS tienen parámetros de transmisión y planos orbitales que caracterizan adecuadamente a estos sistemas según se especifica en el § A.3 vii) del Anexo 1 a la Resolución 46 (Rev.CMR-95),

recomienda

- 1 que para determinar el nivel máximo de densidad de flujo de potencia total (dB(W/m²) en cualquier anchura de banda de 4 kHz), en cualquier posición dentro de $\pm 5^\circ$ de inclinación de la OSG, producidos por los enlaces de conexión de una red de satélites no geoestacionarios que funcionan en la banda 6700-7075 MHz, en el sentido espacio-Tierra, se utilice la metodología que figura en el Anexo 1.

ANEXO 1

Metodología

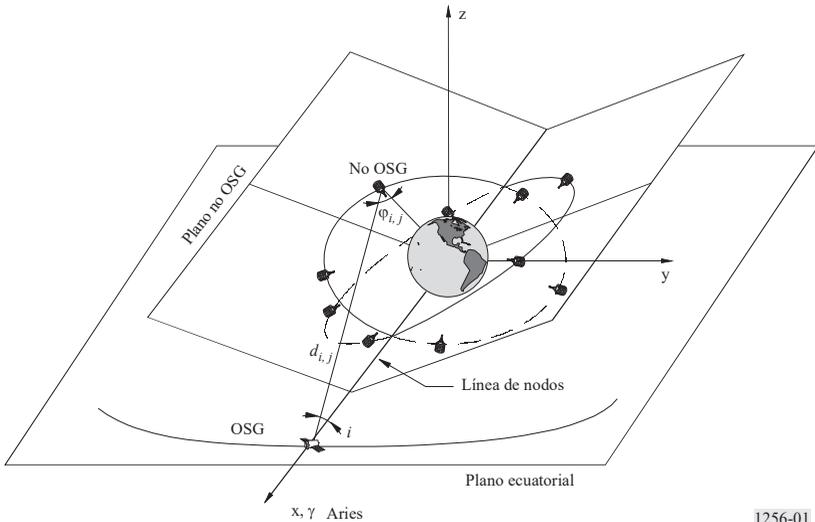
1 Descripción de la metodología

Para calcular la dfp total de una red de satélites no geoestacionarios (no OSG) en un solo emplazamiento de prueba en la OSG, es preciso establecer modelos de cálculo por computador de toda la constelación no OSG y un emplazamiento de prueba en la OSG.

Al observar básicamente que en una situación ordinaria un satélite OSG recorrerá la órbita en un periodo $T_{OSG} = 24$ h aproximadamente y que el periodo orbital de un satélite no OSG ($T_{no\ OSG}$) no es necesariamente un submúltiplo de T_{OSG} , pueden ser necesarias simulaciones estadísticas que emplean un tiempo considerable para determinar el escenario del caso más desfavorable que conduciría al nivel de dfp máximo en el emplazamiento OSG.

Para determinar la dfp máxima en cualquier posición OSG se puede efectuar una simulación simple que consume mucho menos tiempo. En lugar de un verdadero satélite OSG en órbita, se considera un emplazamiento de prueba fijo en la OSG cuya posición orbital está fija con respecto a un sistema cartesiano de referencia 0xyz (véase la Fig. 1) pero no con respecto al sistema de referencia de la Tierra en rotación. Teniendo esto presente, pues los satélites no OSG tienen un periodo orbital $T_{no\ OSG}$, significa que la posición de los satélites no OSG, vistos desde un emplazamiento de prueba OSG fijo (véase la Fig. 1), se repetirá al menos una vez por periodo orbital $T_{no\ OSG}$. Además, en el caso en que los satélites no OSG están uniformemente distribuidos en cada plano orbital, se repetirá la misma disposición geométrica de los satélites no OSG con un periodo igual a $T_{no\ OSG}/N_s$ (donde N_s es el número de satélites no OSG uniformemente distribuidos en un plano). Con estas consideraciones básicas, la dfp total (integrada por la sumatoria de los satélites no OSG visibles) en el emplazamiento de prueba OSG tendrá valores que se repetirán en ese periodo.

FIGURA 1
Geometría de la constelación OSG/no OSG para calcular la dfp: $\Delta\Omega = 0^\circ$



1256-01

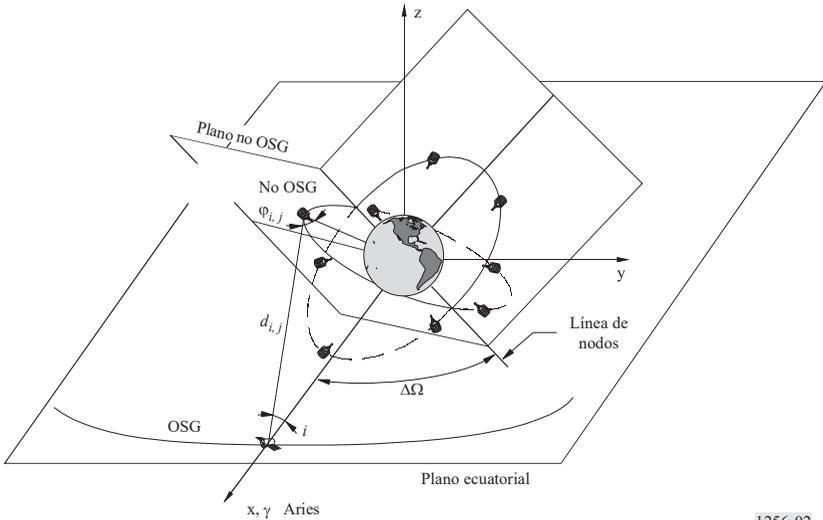
Se puede calcular la dfp total para cada incremento de tiempo, y determinar la dfp total máxima, para el emplazamiento de prueba OSG elegido, durante el periodo de simulación de T_0 a $T_0 + T_{no\ OSG}/N_S$.

El valor hallado para el emplazamiento de prueba OSG en la Fig. 1 no es necesariamente el nivel máximo de dfp. Para encontrar el nivel de dfp total máximo lo más elevado posible, se debe repetir el mismo procedimiento a las otras posiciones de prueba OSG incrementando el ángulo $\Delta\Omega$ (véase la Fig. 2) entre el emplazamiento de prueba OSG y la línea de nodos no OSG. Esta segunda iteración se dará para ángulos de $\Delta\Omega$ entre 0° y $\Delta\Omega_{m\acute{a}x} = 360^\circ/N_p$, donde N_p es el número de planos orbitales de satélites no OSG. En los casos en que N_p es par (como para LEO-F y LEO-D), $\Delta\Omega_{m\acute{a}x} = 180^\circ/N_p$.

Este método también se puede aplicar para cualquier constelación no OSG que no satisfice los requisitos orbitales especificados anteriormente (por ejemplo, distribución de satélite no uniforme, órbitas elípticas). En tales casos la simulación de tiempo se efectuará para un periodo de tiempo igual al periodo de repetibilidad mínimo de la configuración de la constelación, que en muchos casos es igual al periodo de constelación $T_{no\ OSG}$.

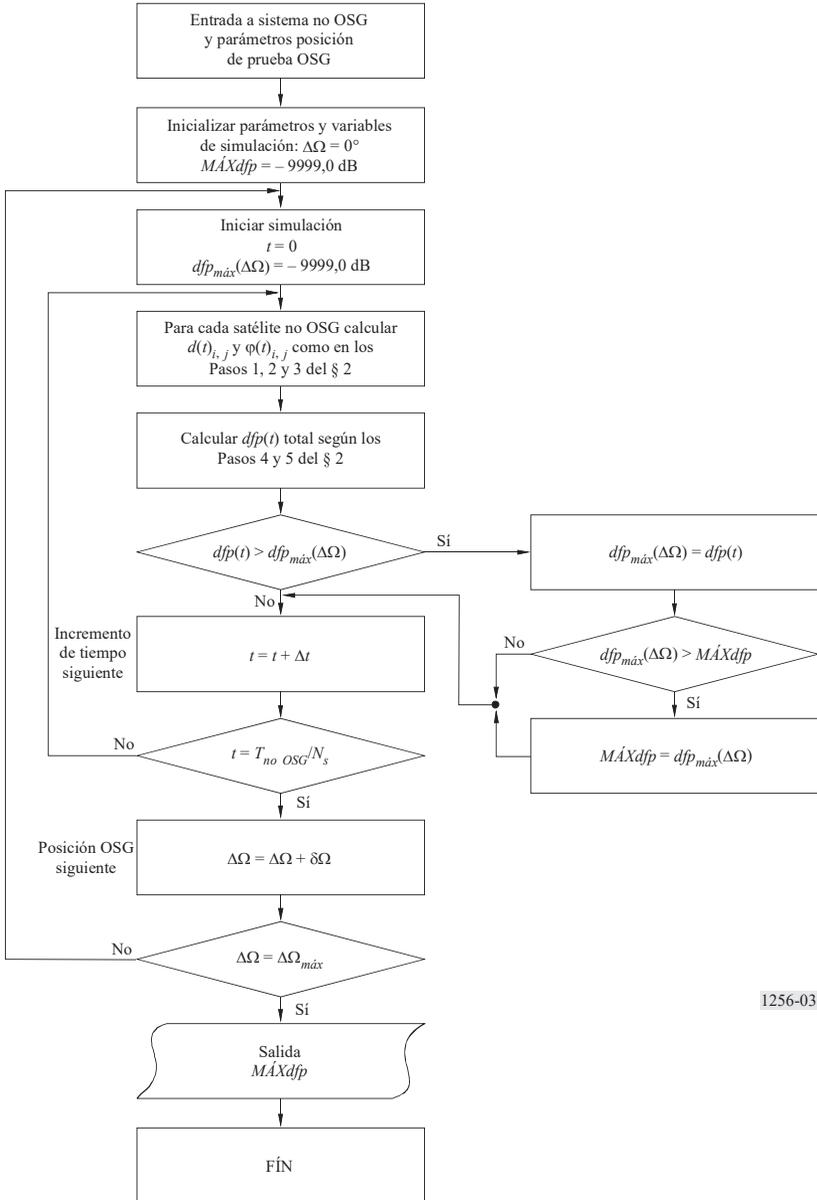
En el § 2 figuran todas las ecuaciones básicas necesarias para llegar al nivel de dfp total desde una red no OSG determinada a un determinado emplazamiento de prueba en la OSG, y la Fig. 3 muestra el diagrama de flujos para la realización del soporte lógico de la metodología aquí descrita.

FIGURA 2
Geometría de la constelación OSG/no OSG para calcular la dfp: $\Delta\Omega \neq 0^\circ$



1256-02

FIGURA 3
Diagrama de flujos de metodología

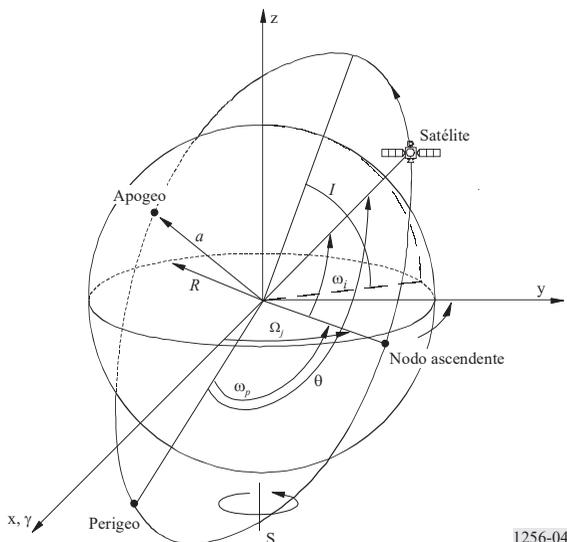


1256-03

2 Pasos de simulación básicos

Paso 1: Posición orbital de los satélites no OSG

FIGURA 4
Órbita no OSG y sistemas de referencia



1256-04

La Fig. 4 indica los diversos parámetros que son necesarios para determinar plenamente y en todo instante la posición de cualquier satélite no OSG en su órbita. Estos parámetros figuran en el § A.3 vii) del Anexo 1 a la Resolución 46 (Rev.CMR-95):

- a : semieje mayor, en el caso de una órbita circular el semieje mayor es constante e igual al radio de la órbita
- I : inclinación de la órbita relativa al plano ecuatorial
- Ω_j : ascensión recta del nodo ascendente para el j -ésimo plano orbital, medido en el sentido contrario a las agujas del reloj en el plano ecuatorial en la dirección del equinoccio vernal hacia el punto en que el satélite atraviesa el plano ecuatorial de Sur a Norte ($0^\circ \leq \Omega_j < 360^\circ$)
- ω_p : argumento del perigeo, para una órbita circular, el perigeo es igual al apogeo y así ω_p se puede poner a 0°
- ω_i : ángulo de fase inicial para el i -ésimo satélite en su plano orbital en el tiempo de referencia $t=0$, medido desde el punto de nodo ascendente ($0^\circ \leq \omega_i < 360^\circ$)
- θ : anomalía verdadera del satélite.

Para una constelación de satélites no OSG que utilizan órbitas circulares, a e I serán constantes y ω_p será igual a cero, la variación de la posición de cada satélite estará definida entonces por Ω_j y θ .

Para una órbita circular, la velocidad angular de un satélite es constante, la posición angular de un satélite es entonces igual a su anomalía verdadera y viene dada por la siguiente expresión:

$$\theta(t)_{i,j} = \frac{360^\circ}{T} t + \omega_{i,j} \quad (1)$$

Para $i = 1$ a N_s y $j = 1$ a N_p , donde N_s es el número de satélites en cada plano orbital, N_p es el número de planos orbitales y T es el periodo orbital en segundos dado por:

$$T = 2\pi \sqrt{a^3/\mu} \quad (2)$$

donde μ es la constante gravitacional geocéntrica que es igual a $3,986 \text{ E14}(\text{m}^3\text{s}^{-2})$.

Los diversos valores de Ω_j dependerán de la geometría de la constelación y se darán en el conjunto de elementos que figuran en el § A.3 vii) del Anexo 1 a la Resolución 46 (Rev.CMR-95). El mismo principio se aplica a los valores de $\omega_{i,j}$.

Conociendo la anomalía verdadera $\theta_{i,j}(t)$ de cada satélite y la ascensión recta de su nodo ascendente Ω_j , sus coordenadas geocéntricas se calculan mediante las siguientes expresiones:

$$x(t)_{i,j} = a \left[\cos \Omega_j \cos \theta(t)_{i,j} - \cos I \sin \Omega_j \sin \theta(t)_{i,j} \right] \quad (3)$$

$$y(t)_{i,j} = a \left[\sin \Omega_j \cos \theta(t)_{i,j} + \cos I \cos \Omega_j \sin \theta(t)_{i,j} \right] \quad (4)$$

$$z(t)_{i,j} = a \left[\sin I \sin \theta(t)_{i,j} \right] \quad (5)$$

La posición del emplazamiento de prueba OSG con respecto a la línea de nodos de la constelación no OSG se determina por $\Delta\Omega$ (véase el § 1). En consecuencia, en las ecuaciones (3), (4) y (5), $\Omega_j = \Omega_{j,0} + \Delta\Omega$, donde $\Delta\Omega$ varía de 0 a $\Delta\Omega_{m\acute{a}x}$ (véase el § 1) y $\Omega_{j,0} = \Omega_j$ para $\Delta\Omega = 0$.

Paso 2: Distancia entre el satélite no OSG y el emplazamiento de prueba en el OSG

x_{OSG} , y_{OSG} y z_{OSG} son las coordenadas geocéntricas del emplazamiento de prueba OSG expresado por:

$$x_{OSG} = a_{OSG} \cdot \cos I_{OSG} \quad (6)$$

$$y_{OSG} = 0 \quad (7)$$

$$z_{OSG} = a_{OSG} \cdot \sin I_{OSG} \quad (8)$$

donde:

a_{OSG} : semieje principal de la órbita geoestacionaria (42 164 km)

I_{OSG} : inclinación de la órbita geoestacionaria ($-5^\circ \leq I_{OSG} \leq 5^\circ$).

Estas ecuaciones permanecen constantes durante la simulación dado que es más simple variar Ω_j en las ecuaciones (3), (4) y (5) incrementando el desplazamiento $\Delta\Omega$.

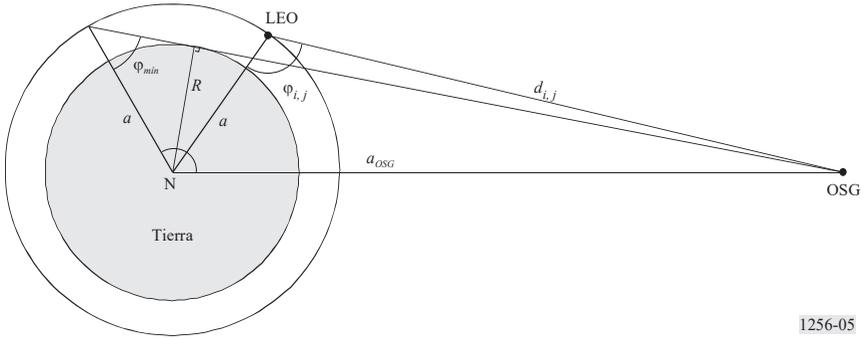
La distancia entre un satélite no geoestacionario y el emplazamiento de prueba OSG se puede calcular mediante el teorema de Pitágoras:

$$d(t)_{i,j} = \sqrt{(x_{OSG} - x(t)_{i,j})^2 + y(t)_{i,j}^2 + (z_{OSG} - z(t)_{i,j})^2} \quad (9)$$

Paso 3: Cálculo del ángulo fuera del eje de la antena no OSG con respecto al emplazamiento de prueba en la OSG

La Fig. 5 muestra la geometría, representada en un diagrama bidimensional, del ángulo fuera del eje de un satélite no OSG con respecto al emplazamiento de prueba en la OSG.

FIGURA 5
Cálculo de $\varphi_{i,j}$



1256-05

El ángulo fuera del eje de la antena no OSG se puede determinar utilizando el teorema de Carnot (también conocido como teorema del «coseno»):

$$\varphi(t)_{i,j} = \arccos \left(\frac{a^2 + d(t)_{i,j}^2 - a_{OSG}^2}{2 a d(t)_{i,j}} \right) \quad (10)$$

Paso 4: Cálculo de la ganancia de antena fuera del eje no OSG con respecto al emplazamiento de prueba en la OSG

Tomando el valor del ángulo fuera del eje calculado mediante la ecuación (10), es posible calcular la ganancia de antena fuera del eje $G(\varphi(t)_{i,j})$ para cada satélite visible. Sin embargo, como se ve en la Fig. 5 esto sólo es necesario si $\varphi(t)_{i,j}$ es mayor que un valor mínimo de φ_{min} dado por:

$$\varphi_{min} = \arcsen(R/a) \quad (11)$$

Paso 5: Cálculo del nivel de dfp total radiada hacia el emplazamiento de prueba OSG

El nivel de dfp total se puede expresar mediante la siguiente ecuación:

$$dfp(t) = \frac{P_{cresta, 4kHz}}{4\pi} \sum_{i,j=1 \text{ a } N(t)_v} \frac{G(\varphi(t)_{i,j})}{d(t)_{i,j}^2} \quad \text{para } \varphi(t)_{i,j} \geq \varphi_{min} \quad (12)$$

donde:

$P_{cresta, 4kHz}$: potencia de cresta en la banda de 4 kHz más desfavorable a la entrada de la antena de satélite no OSG, suponiendo constante e igual para todos los satélites no OSG

$N(t)_v$: número de satélites no OSG visibles desde el emplazamiento de prueba OSG en el tiempo t .

3 Número total de pasos e incrementos por paso para la simulación

Para calcular la dfp total máxima en dirección de la OSG desde una red no OSG son necesarios dos pasos de simulación, el paso de incremento de tiempo Δt y el paso de incremento de ascensión recta $\delta\Omega$.

Considerando que no hay interferencia directa en línea producida por los satélites no OSG (utilizan antenas de baja ganancia e isoflujo o bien la interferencia procede de los lóbulos laterales de la antena transmisora), diversas simulaciones (para LEO-D y LEO-F) han mostrado que un incremento angular no mayor que $0,5^\circ$ es suficiente para obtener resultados válidos. Los incrementos serán entonces:

$$\Delta t = \frac{T(s) \times 0,5^\circ}{360^\circ}$$

$$\delta\Omega = 0,5^\circ$$

El tiempo de simulación total para cada emplazamiento de prueba OSG y el número total de emplazamientos de prueba OSG figuran en el § 1.

RECOMENDACIÓN UIT-R RS.1260-2

**Posibilidad de compartición entre sensores activos
a bordo de vehículos espaciales y otros servicios
en la gama 420-470 MHz**

(Cuestión UIT-R 218/7)

(1997-2003-2017)

Cometido

En esta Recomendación se facilitan las características técnicas y operativas que han de cumplir los sensores del SETS (activo) que funcionan en la banda 432-438 MHz a fin de garantizar la protección de otros servicios primarios que funcionan en esta banda.

Palabras clave

radar de abertura sintética (SAR), radar de seguimiento de objetos espaciales, sensores activos, SETS, zona de exclusión

Recomendaciones e Informes relacionados

Recomendaciones UIT-R F.758, UIT-R F.1108, UIT-R M.1462.

La Asamblea de Radiocomunicaciones de la UIT,

considerando

- a)* que los radares de abertura sintética (SAR) pueden medir la humedad del suelo y la biomasa forestal, pueden detectar estructuras geológicas enterradas, tales como fallas, fracturas, sinclinales y anticlinales, pueden realizar mapas y medir la profundidad del hielo antártico y pueden determinar las propiedades hidrogeológicas de las regiones áridas y semiáridas;
- b)* que los SAR experimentales a bordo de aeronaves han demostrado su capacidad para realizar estas mediciones;
- c)* que estos SAR a bordo de vehículos espaciales pueden funcionar en frecuencias por debajo de 500 MHz a fin de penetrar en la densa vegetación de la superficie de la Tierra de forma repetitiva en todo el mundo;
- d)* que, actualmente, las bandas de frecuencias entre 420 y 470 MHz están atribuidas a los servicios de radiolocalización, fijo, de aficionados, de operaciones espaciales y móvil;
- e)* que en el servicio de aficionados, el funcionamiento con señales de baja intensidad (incluidos los trayectos Tierra-Luna-Tierra) se llevan a cabo centrados en torno a 432 MHz y el funcionamiento del servicio de aficionados por satélite (tanto los enlaces ascendentes como los enlaces descendentes) se realiza en la banda 435-438 MHz;
- f)* que se hacen otros usos de partes de estas bandas incluyendo:
 - radares de perfil del viento en la gama 440-450 MHz y, en caso de incompatibilidad entre radares de perfil del viento y otras aplicaciones, en las bandas 420-435 MHz y 438-440 MHz (Resolución **217 (CMR-97)**);

- receptores de la orden de autodestrucción de vehículos de lanzamiento por razones de seguridad en la banda 449,75-450,25 MHz (número **5.286** del Reglamento de Radiocomunicaciones (RR)) así como en torno a 421,0, 425,0, 427,0, 440,0 y 445,0 MHz en Estados Unidos de América y Brasil y, en los Departamentos franceses de Ultramar en la Región 2 y la India, en la banda 433,75-434,25 MHz (número **5.281** del RR);
- g) que algunos SAR a bordo de vehículos espaciales podrían producir dfp en la superficie terrestre superiores a los niveles de dfp que pueden ser necesarios para proteger el servicio fijo y el servicio móvil terrestre con atribuciones en esta gama de frecuencias;
- h) que es probable que la compartición de la misma frecuencia con perfiladores del viento no sea viable debido a la interferencia con el sensor activo a bordo de un vehículo espacial;
- i) que los SAR y el servicio de aficionados (con atribuciones a título primario en la Región 1 y a título secundario en las Regiones 2 y 3 salvo lo dispuesto en el número 5.278 del RR) pueden coexistir en la banda 430-440 MHz adoptando las medidas técnicas y de explotación apropiadas definidas en el Anexo 1 a esta Recomendación;
- j) que, además, las disposiciones de los números **5.274, 5.275, 5.276, 5.277, 5.278, 5.281** y **5.283** del RR indican países que han atribuido partes de la banda entre 430 y 440 MHz a los servicios fijo, móvil, de operaciones espaciales y/o de aficionados con categoría primaria;
- k) que diversos estudios de compartición han indicado que la compartición de la misma frecuencia entre los servicios de radioaficionados y algunos SAR propuestos del servicio de exploración de la Tierra por satélite (SETS) es posible para ciertos modos de transmisión del servicio de aficionados tales como MF y acceso múltiple por división en el tiempo, pero sería difícil en los modos de funcionamiento en onda continua y banda lateral única;
- l) que la Recomendación UIT-R M.1462 contiene las características técnicas y de funcionamiento así como los criterios de protección para los radares (a bordo de aeronaves, a bordo de barcos y de seguimiento de objetos espaciales) que funcionan en el servicio de radiolocalización en la banda 420-450 MHz;
- m) que es posible que aparezca interferencia inaceptable causada por algunos SAR a bordo de vehículos espaciales a los radares terrenales de seguimiento de objetos espaciales que funcionan en la banda a 420-450 MHz si el SAR a bordo del vehículo espacial se encuentra dentro del campo de visibilidad de los radares terrenales (es decir, por encima del horizonte visible del radar);
- n) que algunos SAR a bordo de vehículos espaciales tendrán un seguimiento por parte de los radares terrenales de seguimiento de objetos espaciales y que el nivel de potencia recibida no deseada resultante en el SAR a bordo del vehículo espacial puede aproximarse a su máxima capacidad de potencia;
- o) que es posible que aparezca interferencia inaceptable causada por algunos SAR a bordo de vehículos espaciales a los radares a bordo de aeronaves y a bordo de barcos que funcionan en la banda 420-450 MHz, cuya probabilidad e intensidad dependen en gran medida de las características de los SAR;
- p) que toda interferencia perjudicial, incluso durante periodos muy breves, provocada por los SAR a los receptores de la orden de autodestrucción de vehículos de lanzamiento por razones de seguridad puede obstaculizar las funciones de seguridad de la vida humana y protección de las pertenencias;
- q) que dada la complejidad de los instrumentos del SETS (activo) en estas frecuencias bajas, se espera que estén en órbita al mismo tiempo muy pocas plataformas de ese tipo,

recomienda

- 1 que los sensores activos a bordo de vehículos espaciales que funcionan en las bandas utilizadas por los servicios de aficionados, de aficionados por satélite, fijo, de radiolocalización, de operaciones espaciales, móvil y SMS en la gama 420-470 MHz, respeten las limitaciones técnicas y de explotación indicadas en el Anexo 1 a la presente Recomendación;
- 2 que los sensores activos a bordo de vehículos espaciales que funcionan en la gama 420-450 MHz no entren en funcionamiento cuando están a la vista de los radares terrenales de seguimiento de objetos espaciales indicados en el Cuadro 2, a menos que se realice un análisis detallado, caso por caso, para incluir la consideración de los efectos del procesamiento realizado por el receptor de los radares sobre las señales no deseadas del SAR y se realicen pruebas prácticas para confirmar la compatibilidad con el acuerdo mutuo de las administraciones afectadas;
- 3 que se diseñe un SAR a bordo de un vehículo espacial para funcionar en la banda 420-450 MHz que tolere los niveles de potencia de señal no deseada que se producirán por el seguimiento realizado por los radares terrenales de seguimiento de objetos espaciales;
- 4 que se establezca la suficiente separación de frecuencias y geográfica entre los SAR a bordo de vehículos espaciales y los radares de perfil del viento que funcionan en la gama 420-432 MHz y 438-450 MHz;
- 5 que las bandas de frecuencias para los sensores activos a bordo de vehículos espaciales se elijan de manera que no se superpongan a las bandas de frecuencias para los receptores de la orden de autodestrucción de vehículos de lanzamiento por razones de seguridad enumeradas en el *considerando f*);
- 6 que, si lo estipulado en el *recomienda 5* resulta de difícil implementación, no se haga funcionar sensores activos a bordo de vehículos que operen en las gamas de frecuencias atribuidas a los receptores de la orden de destrucción de vehículos de lanzamiento por razones de seguridad dentro de la distancia específica con respecto al lugar en que se usan los mandos del vehículo de lanzamiento, para que los sensores no causen interferencia a los receptores.

Anexo 1**Limitaciones técnicas y de explotación para el SETS (activo)
que funciona en la gama 420-470 MHz**

Para proteger a las estaciones que funcionan en los servicios existentes, las transmisiones de los SAR procedentes de estaciones del SETS (activo) que funcionan en la gama de frecuencias 420-470 MHz están sujetas a las limitaciones técnicas y de explotación especificadas en este Anexo.

Las siguientes limitaciones se basan en estudios realizados por el UIT-R. El Anexo 2 proporciona información sobre la posibilidad de compartición de la gama 420-470 MHz entre sensores activos a bordo de vehículos espaciales y otros servicios.

1 Limitaciones técnicas

CUADRO 1

Limitaciones técnicas para instrumentos del SETS (activo) en la gama 420-470 MHz

Parámetro	Valor
dfp de cresta en la superficie de la Tierra producida por el lóbulo principal de la antena	-140 dB(W/(m ² · Hz))
Máximo valor medio de la dfp en la superficie de la Tierra producida por el lóbulo principal de la antena	-150 dB(W/(m ² · Hz))
Máximo valor medio de la dfp en la superficie de la Tierra producida por el primer lóbulo lateral de la antena	-170 dB(W/(m ² · Hz))

2 Limitaciones de explotación

El SETS (activo) que funciona en la banda 420-450 MHz no deberá transmitir dentro del campo de visión de los radares terrenales de seguimiento de objetos espaciales indicados en el Cuadro 2 a menos que para confirmar la compatibilidad se haya llevado a cabo un análisis detallado a fin de considerar los efectos del procesamiento realizado por el receptor del radar sobre las señales no deseadas del SAR y posiblemente se efectúen pruebas de funcionamiento práctico para confirmar la compatibilidad.

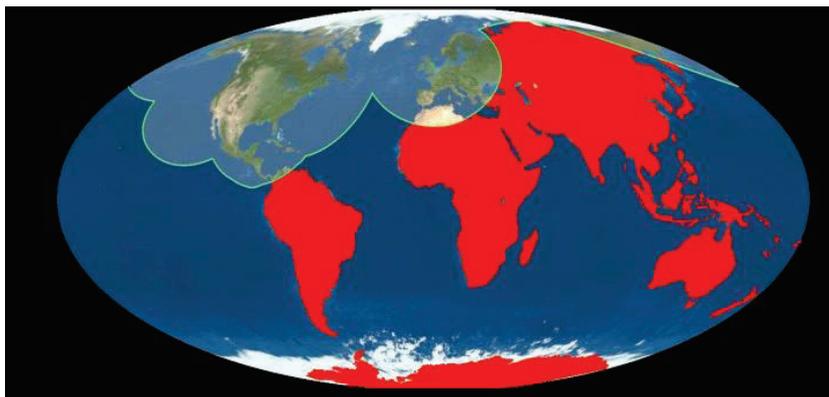
Como consecuencia de las anteriores limitaciones, los instrumentos del SETS (activo) deberán diseñarse de tal forma que permitan una desconexión programable de todas las emisiones de RF sobre las zonas geográficas o países donde la reglamentación de la UIT o las reglamentaciones nacionales no permitan su funcionamiento.

Los instrumentos del SETS (activo) deberán funcionar únicamente para la realización de campañas de medidas, dirigidos a zonas geográficas específicas y limitando el tiempo de actividad del instrumento al mínimo necesario para lograr los objetivos de las citadas campañas. Por consiguiente, las mediciones realizadas por el instrumento no exigen el funcionamiento continuo del mismo y pueden transcurrir periodos de varios meses entre mediciones sucesivas en la misma zona.

El ciclo de funcionamiento en modo de campaña será del 15% como máximo (normalmente el 10%). Cuando no se estén realizando campañas de medidas el instrumento deberá permanecer desconectado.

FIGURA 1

Ejemplo de exclusión en torno a los radares de seguimiento de objetos espaciales para un SAR en una órbita de 665 km (las masas terrestres fuera de la zona de exclusión se muestran en color rojo)



RS.1260-01

CUADRO 2

Radares de seguimiento de objetos espaciales que funcionan en la banda 430-440 MHz

Ubicación del radar	Latitud	Longitud
Massachusetts (Estados Unidos de América)	41,8° N	70,5° W
Texas (Estados Unidos de América)	31,0° N	100,6° W
California (Estados Unidos de América)	39,1° N	121,5° W
Georgia (Estados Unidos de América)	32,6° N	83,6° W
Florida (Estados Unidos de América)	30,6° N	86,2° W
Dakota del Norte (Estados Unidos de América)	48,7° N	97,9° W
Alaska (Estados Unidos de América)	64,3° N	149,2° W
Thule (Groenlandia)	76,6° N	68,3° W
Fylingdales Moor (Reino Unido)	54,5° N	0,4° W

3 Criterios de protección para los servicios existentes en la gama de frecuencias 420-470 MHz

No todos los criterios de protección mencionados en este punto aparecen en las Recomendaciones UIT-R. Por lo tanto, algunos de estos criterios de protección se han obtenido a partir de la información extraída de los estudios realizados por el UIT-R. El Cuadro 3 refleja la información disponible en el instante de elaborar la presente Recomendación.

Cabe señalar que cualquier futura Recomendación que describa los criterios de protección para cualquier servicio tiene preferencia sobre los valores indicados en el cuadro obtenido de los estudios del UIT-R.

CUADRO 3

Criterios de protección para los servicios en la gama 420-470 MHz

Gama de frecuencias (MHz)	Servicios del RR	Los porcentajes de tiempo y los criterios de las columnas 4 y 5 sólo se aplican en las siguientes zonas geográficas	Máximo porcentaje de tiempo durante el que puede rebasarse el criterio ⁽¹⁾	Criterios de interferencia en las estaciones receptoras	Fuentes
430-440	Aficionados	Dentro de la visibilidad directa de las estaciones de aficionados terrenales situadas en las regiones definidas en el <i>considerando i</i>)	1%	$d_{fp} = -204 \text{ dB}$ $(W/(m^2 \cdot \text{Hz}))^{(2)}$	Estudios del UIT-R
435-438	Aficionados por satélite	Dentro de la visibilidad directa de las estaciones terrenales del servicio de aficionados por satélites situadas en las regiones definidas en el <i>considerando i</i>)	1%	$d_{fp} = -197 \text{ dB}$ $(W/(m^2 \cdot \text{Hz}))$	Estudios del UIT-R
435-438	Aficionados por satélite	Dentro de la visibilidad directa de los receptores de las estaciones espaciales del servicio de aficionados	1%	$d_{fp} = -187 \text{ dB}$ $(W/(m^2 \cdot \text{Hz}))$	Estudios del UIT-R
420-470 ⁽³⁾	Fijo	Dentro de la visibilidad directa de las estaciones del servicio fijo incluidas las estaciones situadas en las regiones definidas en el <i>considerando j</i>)	No aplicable	$(I/N)_{MEDIA} = -20 \text{ dB}$ (equivalente a una degradación fraccionaria de la calidad de funcionamiento de 1%)	Recs. UIT-R F.758 y UIT-R F.1108
420-432 y 438-450	Radiolocalización	Dentro de la visibilidad directa de los radares de perfil del viento	⁽⁴⁾	$(I/N)_{CRESTA} = -6 \text{ dB}$	Rec. UIT-R M.1462
420-450	Operaciones espaciales	Dentro de la visibilidad directa de los receptores de la orden de autodestrucción de vehículos de lanzamiento por razones de seguridad en las regiones definidas en el <i>considerando j</i>)	Separación en frecuencias o geográfica necesaria		Estudios del UIT-R
420-450	Radiolocalización	Dentro de la visibilidad directa de los radares terrenales de seguimiento de objetos espaciales ⁽⁵⁾	⁽⁴⁾	$(I/N)_{CRESTA} = -6 \text{ dB}$	Rec. UIT-R M.1462
420-450	Radiolocalización	Dentro de la visibilidad directa de los radares a bordo de barcos	⁽⁴⁾	$(I/N)_{CRESTA} = -6 \text{ dB}$	Rec. UIT-R M.1462
420-450	Radiolocalización	Dentro de la visibilidad directa de los radares a bordo de aeronaves	⁽⁴⁾	$(I/N)_{CRESTA} = -6 \text{ dB}$	Rec. UIT-R M.1462
420-470 ⁽³⁾	Móvil	Dentro de la visibilidad directa de las estaciones del servicio móvil incluidas las estaciones situadas en las Regiones definidas en el <i>considerando j</i>)	0,1%	$d_{fp} = -204 \text{ dB}$ $(W/(m^2 \cdot \text{Hz}))^{(2)}$	Estudios del UIT-R

Notas relativas al Cuadro 3:

- (1) Considerando todos los SAR activos en esta gama de frecuencias.
- (2) La máxima d_{fp} combinada especificada para la banda 430-440 MHz se ha basado en el máximo nivel de interferencia aceptable recibida por el lóbulo lateral medio de una antena receptora del servicio de aficionados.
- (3) En la gama de frecuencias 430-440 MHz, los servicios fijo y móvil sólo tienen atribuciones en algunos países mediante nota.
- (4) El criterio indicado en la Recomendación UIT-R M.1462 se basa en la protección de los sistemas de radiolocalización contra la interferencia similar al ruido. Puede ser posible la compartición entre sistemas de radiolocalización y sensores activos a bordo de vehículos espaciales con niveles de interferencia superior a los que aparecen en la citada Recomendación UIT-R M.1462 si se utilizan técnicas de procesamiento de la señal para filtrar las emisiones impulsivas no deseadas. En la Recomendación UIT-R M.1372 aparece una descripción de algunas de estas técnicas de supresión de la interferencia.
- (5) El SETS (activo) que funciona en la banda 420-450 MHz no deberá transmitir a la vista de los radares terrenales de seguimiento de objetos espaciales indicados en el Cuadro 2, a menos que para confirmar la compatibilidad con el acuerdo mutuo de las administraciones afectadas se haya realizado un análisis detallado, caso por caso, a fin de considerar los efectos del procesamiento del receptor del radar sobre las señales de los SAR no deseadas y posiblemente pruebas de funcionamiento práctico.

Anexo 2

Metodología para evaluar la interferencia y las técnicas de reducción de la interferencia

1 Introducción

Se presenta una metodología que permite realizar una estimación sobre si la señal recibida por otros servicios en la banda 420-470 MHz procedente de un sensor activo a bordo de un vehículo espacial puede causar o no dificultades si el sensor funciona en bandas de frecuencias comunes. La mayoría del contenido de este Anexo es extraído del Anexo 1 de la Recomendación UIT-R RS.1280 – Selección de las características de emisión de los sensores activos a bordo de vehículos espaciales para reducir la posible interferencia causada a radares terrenales que funcionan en las bandas de frecuencias 1-10 GHz. Los cálculos destacan un cierto número de parámetros del sensor que pueden elegirse de forma que se mejore la situación de compartición.

2 Cálculo de la interferencia causada a otros servicios

El valor medio de la d_{fp} de la señal interferente, $I_{d_{fp}}$ (dB(W/(m² · Hz))) y el valor medio del nivel de potencia de la señal interferente, I (dBW), recibida por los otros servicios procedente de los sensores activos a bordo de vehículos espaciales se calculan mediante las siguientes fórmulas:

$$I_{d_{fp}} = 10 \log P_t + 10 \log (\tau PRF) + G_t - (130,99 + 20 \log R + 10 \log B) + OTR - PG \quad (1a)$$

e

$$I = 10 \log P_t + 10 \log (\tau PRF) + G_t + G_r - (32,44 + 20 \log (fR)) + OTR - PG \quad (1b)$$

donde:

- P_t : potencia de cresta del transmisor del sensor a bordo del vehículo espacial (W)
- τ : anchura del impulso del sensor a bordo del vehículo espacial (s)
- PRF : frecuencia de repetición de impulsos del sensor a bordo del vehículo espacial (Hz)
- G_t : ganancia de antena del sensor a bordo del vehículo espacial hacia el otro servicio (dBi)

- R : distancia oblicua entre el sensor y el radar (km)
 B : anchura de banda del sensor (MHz)
 OTR : rechazo en sintonía del receptor (dB)
 PG : ganancia de procesamiento (dB), rechazo de señales no deseadas debido al procesamiento de la señal del receptor (si no se conoce, se supone que su valor es cero)
 f : frecuencia (MHz).

La ecuación (1a) proporciona el valor medio del nivel de dfp de la señal interferente y la ecuación (1b) proporciona el valor medio del nivel de potencia de la señal interferente. Éste se utiliza cuando puede determinarse que su empleo es adecuado. Por ejemplo, un radar que produce una transformada rápida de Fourier (TRF) en la señal recibida provocará la «borrosidad» de la señal pulsante disímil a través de un cierto número de impulsos, dando como resultado un nivel medio de la señal interferente. El término rechazo en sintonía se calcula del modo siguiente:

$$OTR = 10 \log (B_r / B_i) \quad \text{para } B_r \leq B_i \quad (2a)$$

$$= 0 \quad \text{para } B_r > B_i \quad (2b)$$

donde:

B_r : anchura de banda del receptor

B_i : anchura de banda de la señal interferente transmitida.

Si el valor de cresta de la señal interferente es importante, se debe omitir el segundo término de la ecuación (1), y el rechazo en sintonía se calcula como sigue:

Impulso de la señal de entrada sin modulación de frecuencia:

$$OTR = 20 \log (B_r \tau) \quad \text{para } B_r \tau < 1 \quad (3a)$$

$$= 0 \quad \text{para } B_r \tau > 1 \quad (3b)$$

Impulso de la señal de entrada con modulación de frecuencia:

$$OTR = 10 \log \left(\frac{B_r^2 \tau}{B_c} \right) \quad \text{para } \frac{B_r^2 \tau}{B_c} < 1 \quad (4a)$$

$$= 0 \quad \text{para } \frac{B_r^2 \tau}{B_c} > 1 \quad (4b)$$

donde:

B_r : anchura de banda de la FI del receptor de otro servicio

B_c : anchura de banda de la señal de chirrido del sensor a bordo del vehículo espacial

τ : anchura del impulso del sensor.

3 Criterios de interferencia aplicables a otros servicios

Los criterios específicos para sistemas concretos en otros servicios aparecen en el Cuadro 1 en términos de máximos valores de los límites de dfp combinada en las estaciones receptoras (dB(W/(m² · Hz))) y también el máximo porcentaje de tiempo en que pueden rebasarse los límites de dfp. Hay varios casos en los que se utiliza un criterio distinto, que se indican a continuación.

3.1 Radares de vigilancia

Se supone que la relación S/N recibida de los radares de vigilancia no puede estar degradada en más de 0,5 dB en un tiempo mayor al tiempo de exploración, tomado en 10 s. Esto equivale a una relación de potencia I/N de -9 dB en la etapa de FI del receptor. En el caso de los radares de vigilancia, el nivel de potencia medio de la señal interferente se considera importante.

3.2 Radares de seguimiento en el servicio de radiolocalización

Los radares de seguimiento suelen utilizar «ventanas de distancia» para excluir todos los retornos distintos a los de determinadas distancias de interés. Una consideración importante al determinar la susceptibilidad de un radar de seguimiento a un tren de impulsos interferentes es la fracción de impulsos interferentes que coinciden con las ventanas de distancia. La coincidencia de los impulsos interferentes con las ventanas de distancia dependerá de que las frecuencias de repetición de impulsos deseadas y no deseadas estén relacionadas (Caso I) o no (Caso II) con múltiplos enteros. La fracción de impulsos coincidentes, f_c , se calcula como sigue:

$$f_c = \frac{GCF(PRF_i, PRF_g)}{PRF_g} \quad \text{para el Caso I} \quad (5a)$$

$$f_c = PRF_i(\tau_g + \tau_i) \quad \text{para el Caso II} \quad (5b)$$

donde:

PRF_i : frecuencia de repetición del impulso interferente

PRF_g : frecuencia de repetición de la ventana

$GCF(PRF_i, PRF_g)$: máximo factor común de PRF_i y PRF_g

τ_i : anchura del impulso interferente

τ_g : anchura de la ventana.

Obsérvese que cuando $\tau_i > \tau_g$ y las PRF deseadas y no deseadas no están relacionadas con múltiplos enteros (Caso II), f_c es aproximadamente el ciclo de trabajo de los impulsos interferentes. Se considera que esta situación corresponde al caso típico, y se utiliza en la siguiente determinación del umbral de degradación para un radar de seguimiento.

Para obtener datos de posición sumamente precisos sobre objetos de interés, los radares de seguimiento utilizan antenas de ganancia alta con haces principales estrechos y bien definidos. Un servomecanismo intenta mantener el eje de puntería del haz principal de antena en el blanco; el servomecanismo es activado por una señal de error generada por el error de ángulo entre el blanco y el eje de puntería de la antena. Las señales no deseadas que entran en el radar pueden aumentar este error sistemático.

Un umbral de degradación para un radar de seguimiento, expresado como una fracción permitida de impulsos interferentes coincidentes, f_c , en función de la relación S/I en la señal de salida FI, se expresa como:

$$f_c = \frac{a^2 - 1}{\frac{90 B_r \tau}{(S/I - 1)} - 1} \quad \text{para } S/I > 1 \quad (6a)$$

$$f_c = \frac{a^2 - 1}{\frac{90 B_r \tau}{(S/I - 1)} - 1} \quad \text{para } S/I < 1 \quad (6b)$$

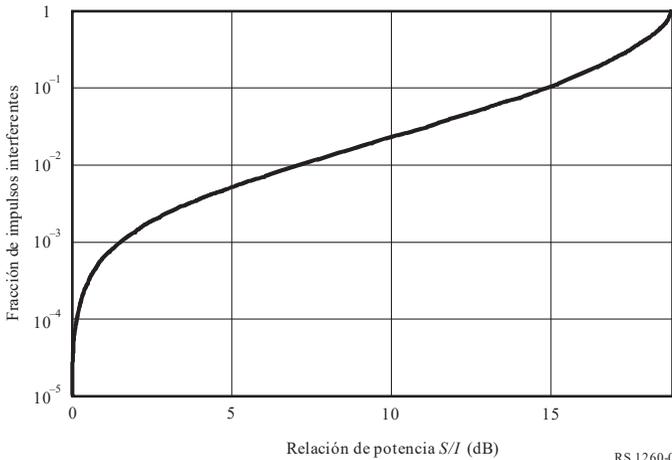
donde:

- a : factor asociado con el error de seguimiento total, incluida la degradación debida a la interferencia (por ejemplo, $a = 1,1$ permite un incremento del 0,1% o del 10% debido a la interferencia)
- B : anchura de banda a 3 dB del filtro de FI del radar
- τ : longitud de los impulsos del blanco (obsérvese que $B\tau \cong 1$ para un radar de seguimiento)
- S/I : relación de potencia señal/interferencia en la señal de salida de FI del radar (no en dB).

La Fig. 2 es una representación de la fracción de impulsos coincidentes en función de la relación S/I de la señal de salida de FI del radar, que permite un aumento del 10% en el error de seguimiento del radar debido a la interferencia. La fracción de impulsos coincidentes es aproximadamente el ciclo de trabajo del sensor (6%), de modo que una relación S/I de 13 dB corresponde a un error de seguimiento del 10%. Se supone que la relación S/I debe ser ≥ 13 dB para periodos de tiempo mayores de 3 s. (Dado que se han elaborado criterios de interferencia basados en un impulso interferente que coincide con la ventana de distancia del radar, debe utilizarse la potencia de cresta de la señal interferente.)

FIGURA 2

Relación S/I del radar en función de la fracción de impulsos interferentes coincidentes
(aumento del 10% en el error de seguimiento)



RS 1260-02

4 Análisis de un ejemplo de señal no deseada desde un sensor a bordo de un vehículo espacial a otros servicios

4.1 Características técnicas

4.1.1 Sensor a bordo del vehículo espacial

En el Cuadro 4 aparecen las características técnicas del sensor a bordo de un vehículo espacial representativo utilizado en el siguiente análisis.

CUADRO 4

**Características del SAR de tipo 1 (SAR1)
a bordo del vehículo espacial**

Parámetro	Valor
Altura de la órbita (km)	750
Inclinación de la órbita (grados)	98,4
Potencia de cresta de RF radiada (W)	400
Potencia media de RF radiada (W)	4,4
Anchura del impulso (μ s)	50
PRF (Hz)	2 200
Modulación del impulso	MF lineal
Anchura de banda del impulso (MHz)	4,8
Ganancia de cresta de la antena (dB)	27,9
Orientación de la antena (grados)	37 desde el nadir
Primer lóbulo lateral de la antena (dB)	-17,6 con respecto al valor de cresta
Quinto lóbulo lateral de la antena (dB)	-34 con respecto al valor de cresta

4.1.2 Radares a bordo de aeronaves

En la Recomendación UIT-R M.1462 aparecen las características y los criterios de protección para los radares que funcionan en la banda de frecuencias 420-450 MHz. En análisis anteriores se ha llegado a la conclusión de que los sensores activos a bordo de vehículos espaciales no son técnicamente compatibles con los radares de seguimiento de objetos espaciales situados en tierra con un alto grado de sensibilidad.

En el análisis realizado mediante simulación informática se consideró la compatibilidad de los SAR a bordo de vehículos espaciales con los radares a bordo de aeronaves en esta banda de frecuencias. Los resultados a los que se llegó para los radares a bordo de barcos son similares a los obtenidos con los radares a bordo de aeronaves. En la Recomendación se señala una anchura de banda del receptor a bordo de la aeronave de 1 MHz y la antena del radar es una red de elementos radiantes coplanares de 22 dBi de ganancia. En el análisis se supuso que la antena realizaba una exploración en acimut con un ángulo de elevación de 0°. El criterio de protección para los radares es una relación I/N de -6 dB.

4.2 Método de análisis y resultados

4.2.1 Simulaciones informáticas

4.2.1.1 Ganancia de procesamiento

En el análisis de la posible interferencia causada por los SAR a bordo de vehículos espaciales a los receptores del servicio de radiolocalización no se supuso ninguna ganancia de procesamiento (es decir, la capacidad de rechazar la interferencia debida al procesamiento de la señal en el receptor). Para los sistemas de radiolocalización puede ser conveniente examinar la posible respuesta del receptor a las señales interferentes impulsivas tales como las procedentes de los SAR.

Generalmente no se publican los detalles de la resistencia de un radar a la interferencia de señales impulsivas. Sin embargo, muchos receptores de radar modernos, especialmente los que deben realizar una función de vigilancia en presencia de un eco significativo, efectuarán un procesamiento Doppler digital para detectar los blancos diferenciándolos de los ecos parásitos de fondo. El efecto de la TRF sobre la interferencia impulsiva entrante consistirá en esparcir la potencia de cresta de los impulsos a través de los intervalos de distancia Doppler próximos, lo que dará como resultado una promediación en potencia del efecto interferente.

4.2.1.2 Criterio de interferencia del radar

En la Recomendación UIT-R M.1462 se considera que el criterio de protección para los radares a bordo de aeronaves es una relación $I/N = -6$ dB. No se indica ningún porcentaje de tiempo o duración del periodo durante el cual sea admisible que la interferencia rebase este valor. No es conveniente aplicar a los radares el concepto de un porcentaje de tiempo durante el cual se permite que la interferencia pueda superar este valor, y especialmente a los radares de vigilancia tales como los radares a bordo de aeronaves considerados en este análisis. El concepto de pérdida de datos o «interrupción» permitida puede aplicarse a enlaces de comunicaciones o sistemas de sensores pero la detección de blancos, que es una función básica y crítica de los sistemas de radar, ocurre en un instante de tiempo y, por consiguiente, no son pertinentes las interrupciones de larga duración.

Un método utilizado en un cierto número de análisis similares efectuados por el UIT-R consiste en examinar los resultados de la simulación bajo la hipótesis de que un radar de vigilancia no puede degradarse durante un periodo de tiempo que rebase un solo periodo de exploración de la antena. Ello significa que un blanco puede quedar sin detectar durante el primer periodo de exploración en el que la detección podría haberse realizado con éxito. Los radares a bordo de aeronaves en este análisis tienen unos periodos de rotación de la antena del orden de 10 s. Por consiguiente, la interferencia no debe rebasar el valor de $I/N = -6$ dB durante más de 10 s. (Bajo esta hipótesis, un blanco desplazándose a una velocidad de 800 km/h se aproxima a otro aproximadamente 2 km después de que la detección haya tenido lugar en ausencia de interferencia. Esto puede ser o no aceptable dependiendo de la situación.) Tras examinar los resultados de las simulaciones (utilizando la potencia interferente de cresta y media en los radares), resulta evidente la dificultad que puede presentar la compartición de frecuencias entre los SAR a bordo de vehículos espaciales y los radares.

4.2.1.3 Resultados de la simulación informática

Las simulaciones se realizaron utilizando SAR1 (véase el Cuadro 5). En el Cuadro 6 aparecen los resultados de simulaciones informáticas del entorno de interferencia esperado causado por un SAR1 a bordo de un vehículo espacial a los sistemas del servicio de radiolocalización. Todas las simulaciones se realizaron con incrementos de tiempos de 2 s y durante un periodo de 60 días. Obsérvese que dos resultados con respecto al porcentaje de tiempo en que aparece la interferencia también figuran en el Cuadro 6.

El primero es el porcentaje de tiempo durante el cual se rebasa el criterio de interferencia cuando uno o más de los SAR son visibles (es decir, se encuentran por encima del horizonte) a las estaciones terrenas; el segundo es el porcentaje de tiempo durante el cual se rebasa el criterio de interferencia en todo el periodo de simulación (es decir, incluidos los instantes cuando no hay visible ningún SAR en algunas partes de la Tierra).

CUADRO 5

Valor de cresta/media de la dfp interferente producida por los lóbulos principales y los lóbulos laterales del SARI en la banda P sobre la superficie de la Tierra

Parámetros	Valor	dB
Potencia transmitida (W)	400,00	26,02
Ganancia de cresta del lóbulo principal de la antena (dBi)	27,90	27,90
Nivel de los lóbulos laterales de la antena (dBi)	-6,10	-6,10
$1/(4\pi)$	$7,96 \times 10^{-2}$	-10,99
$1/(\text{distancia})^2$ (km)	972,80	-119,76
$1/\text{anchura de banda}$ (MHz)	1/4,80	-66,81
Anchura del impulso (μs)	50,00	
PRF (Hz)	2 200,00	
Densidad de potencia de cresta en el lóbulo principal (dBW)		-75,86
Densidad de potencia de cresta en el lóbulo lateral (dBW)		-109,86
dfp de cresta en el lóbulo principal (dB(W/(m ² · Hz)))		-143,6
dfp media en el lóbulo principal (dB(W/(m ² · Hz)))		-153,2
dfp de cresta en los lóbulos laterales (dB(W/(m ² · Hz)))		-177,6
dfp media en los lóbulos laterales (dB(W/(m ² · Hz)))		-187,2

CUADRO 6

Resultados de la simulación por ordenador

Receptor	Criterio	SARI
Radar a bordo de aeronave	I/N , de caso más desfavorable (dB)	36,2
	I/N , media (dB)	-4,4
	Porcentaje de tiempo en que $I/N > -6$ dB (SAR visible) (%)	12,0
	Porcentaje de tiempo en que $I/N > -6$ dB (En todo instante) (%)	0,6
	Máximo periodo durante el cual $I/N > -6$ dB (min)	4,8
	Tiempo medio en que $I/N > -6$ dB (s)	7,3
	Número de veces en que $I/N > -6$ dB (sucesos)	3 823

5 Procedimiento para usar la metodología

La dfp media de un sensor activo a bordo de un vehículo espacial debe examinarse durante las etapas de diseño. Pueden examinarse las ecuaciones (1) a (4) para determinar los parámetros que pueden ajustarse potencialmente durante el diseño del sensor a bordo del vehículo espacial a fin de mejorar la compartición con los otros servicios. La potencia del transmisor, la ganancia de antena (en particular, los niveles del lóbulo lateral), la anchura del impulso y la frecuencia de repetición, así como la anchura de banda de la señal de chirrido, son parámetros cuyo ajuste es posible.

Cuando se analiza la compatibilidad entre un sensor a bordo de un vehículo espacial y un sistema de un servicio determinado, debe considerarse, si existe, la ganancia de procesamiento del sistema receptor ya que el análisis supone que no había ninguna. Esta hipótesis es válida para el caso general ya que no todas las estaciones receptoras tienen ganancia de procesamiento.

Considérense, por ejemplo, dos radares que funcionan en la banda 420-450 MHz:

- un radar de seguimiento con una anchura de banda de FI de 0,1 MHz (radar 1);
- un radar de avión para interceptación con una anchura de banda de FI de 1 MHz (radar 2).

Si el sensor a bordo del vehículo espacial del Cuadro 4 puede funcionar con una anchura de impulso y una anchura de banda de la señal de chirrido distintas, como en el Cuadro 7, puede lograrse una reducción significativa del nivel de la potencia de la señal no deseada.

CUADRO 7

Ejemplo de reducción de la potencia del sensor de la señal no deseada recibida a través de cambios en la anchura del impulso del sensor y la anchura de banda de la señal de chirrido

	Nuevos valores de los parámetros para el SARI		ΔOTR (dB)	ΔP_{media} (dB)	ΔI (dB)
	τ (μs)	B_c (MHz)			
Radar 1	25	6	-4,0	No disponible ⁽¹⁾	-4,0
Radar 2	25	6	-0,0	-3,0	-3,0

⁽¹⁾ Se ha estimado conveniente utilizar la potencia media de la señal interferente para el radar a bordo de aeronave y la potencia de cresta de la señal interferente para el radar de seguimiento.

6 Conclusión

Se ha demostrado que debe ser posible reducir la dfp para mejorar las características de emisión de un sensor activo a bordo de un vehículo espacial a fin de mejorar la compatibilidad con otros servicios. La potencia del transmisor del sensor, el diagrama de ganancia de antena, la anchura de los impulsos, la PRF y la anchura de banda de la señal de chirrido (si se utiliza modulación de frecuencia) constituyen posibles características que pueden ajustarse para mejorar la compatibilidad.

RECOMENDACIÓN UIT-R BO.1293-2

Límites de protección y métodos de cálculo correspondientes para la interferencia causada a los sistemas de radiodifusión por satélite en los que intervienen emisiones digitales

(Cuestión UIT-R 223/11)

(1997-2000-2002)

La Asamblea de Radiocomunicaciones de la UIT,

considerando

- a) que las relaciones de protección y los límites de protección correspondientes son características fundamentales para las señales de televisión del servicio de radiodifusión por satélite (SRS) y los enlaces de conexión asociados;
- b) que los Planes de los Apéndices 30 y 30A del Reglamento de Radiocomunicaciones (RR) se desarrollaron utilizando valores de la relación de protección y métodos de cálculo de la interferencia basados en separaciones fijas de frecuencia y tipos determinados de señal;
- c) que los nuevos sistemas que desean implantarse en estas bandas presentados a la Oficina de Radiocomunicaciones (BR) proponen utilizar nuevos tipos de señales respecto a las que no se dispone de límites de protección y únicamente métodos de cálculo de la interferencia limitados;
- d) que la BR ha solicitado a la Comisión de Estudio 6 de Radiocomunicaciones que aporte metodologías y criterios de protección adicionales con los que evaluar la interferencia causada a estos nuevos tipos de señales y la procedente de ellas;
- e) que la definición de los límites de protección y los métodos de cálculo asociados proporciona una información técnica muy útil al revisar los Planes de los Apéndices 30 y 30A del RR para las Regiones 1 y 3;
- f) que actualmente diversas administraciones y organizaciones están realizando estudios que dan validez a los métodos propuestos de cálculo de la interferencia,

reconociendo

- a) que los límites de protección amplían la utilidad de las relaciones de protección, asociadas por sí mismas a separaciones fijas de frecuencia;
- b) que pueden obtenerse límites de protección adecuados para el cálculo de la interferencia entre emisiones digitales, utilizando la metodología que figura en el Anexo 3;
- c) que la Conferencia Mundial de Radiocomunicaciones (Estambul, 2000) (CMR-2000) estableció nuevos Planes del SRS y Planes de enlaces de conexión asociados para las Regiones 1 y 3 basados en la modulación digital y las nuevas Listas para las Regiones 1 y 3, actualizando de esa forma los Apéndices 30 y 30A;
- d) que las administraciones pueden implantar sus asignaciones del Plan en cualquier instante sin ninguna restricción con respecto a las características en las que se basan los Planes,

recomienda

1 que en los análisis de compatibilidad del margen de protección equivalente/margen de protección global equivalente llevados a cabo con arreglo a los Artículos 4 y 5 de los Apéndices 30 y 30A, se aplique lo indicado en el Anexo 1;

2 que para los análisis de compatibilidad indicados en el *recomienda* 1 se utilicen, los métodos de cálculo de la interferencia asociados del margen de protección equivalente/margen de protección global equivalente que figuran en el Anexo 2.

NOTA 1 – El método de cálculo que determina los límites de protección señalado en el Anexo 3 para redes del SRS que utilizan todos los tipos de emisiones con modulación por desplazamiento de fase digital puede aplicarse en los análisis de compatibilidad para la coordinación bilateral entre administraciones.

NOTA 2 – Es necesario realizar nuevos estudios para elaborar límites de la interferencia entre otros tipos de emisiones (es decir, la interferencia de las emisiones analógicas a las analógicas, de las digitales a las digitales y de las analógicas a las digitales). Hasta que se disponga de estos límites, debe utilizarse el método que se describe en el Anexo 1 al calcular la interferencia entre emisiones, cuando la interferencia sea digital.

ANEXO 1

Cálculo de la interferencia digital en ausencia de límites de protección adecuados

Al aplicar el método de cálculo del Anexo 2, conviene introducir el límite de protección más adecuado para la situación de interferencia digital en cuestión (es decir, el valor más apropiado de $D_i(f\theta_i)$ del Anexo 2). Por ejemplo, para la interferencia causada a una emisión digital, este límite puede obtenerse utilizando el método de cálculo del Anexo 3.

Se requieren nuevos estudios para obtener los límites adecuados de protección genérica en el caso de la interferencia digital-analógica.

Hasta que se disponga de estos límites, debe utilizarse el método indicado a continuación para calcular la interferencia entre dos emisiones, cuando la fuente interferente es una emisión digital.

El valor de $D(f\theta)$ se calcula de la siguiente manera:

$$D(f\theta) = 10 \log_{10}(B/b(f\theta)) + K$$

siendo:

$b(f\theta)$: superposición de anchura de banda entre la portadora interferente y la portadora deseada (MHz)

B : anchura de banda necesaria de la portadora digital interferente (MHz)

K : coeficiente de ponderación positivo.

En general, un método de cálculo de los límites de protección como el que figura en el Anexo 3 cuantifica el valor de K que puede variar, dependiendo de los parámetros de las señales deseada e interferente y de la separación entre las frecuencias de las dos señales (de hecho, el método del Anexo 3 no calcula explícitamente el factor K , sino que determina directamente el valor de $-D(f_o)$).

A falta de límites adecuados de protección que cuantifiquen el factor K , ya sea directa o indirectamente, debe suponerse que $K = 0$, lo que corresponde al caso más desfavorable.

ANEXO 2

Métodos de cálculo de la interferencia asociados con los Anexos 1 y 3*

1 Introducción

El objetivo de este Anexo es definir un método genérico de cálculo de la situación de interferencia en los Planes del SRS, teniendo en cuenta las distintas categorías de interferencia (por ejemplo, cocanal, de canal adyacente, etc.).

El método de cálculo de la interferencia genérica definido a continuación, junto con los métodos adecuados de cálculo de los límites de protección, debe aplicarse al establecer los valores necesarios para evaluar la situación de interferencia entre las distintas emisiones de los Planes del SRS.

2 Terminología, símbolos y operadores

A fin de simplificar este Anexo y facilitar su comprensión, se definen los siguientes términos, símbolos y operadores:

Una sola fuente (se):	Se considera una sola portadora interferente
Agregada (ag):	Se consideran todas las portadoras interferentes
Equivalente (eq):	Combinación de interferencia cofrecuencia y de frecuencia separada
Total (ov):	Combinación de interferencia del enlace de conexión (up) y del enlace descendente (dn)
f_o :	Separación de frecuencia = diferencia entre las frecuencias centrales de las dos portadoras
C/I :	Relación portadora/interferencia (dB)
PR:	Relación de protección (protection ratio) (dB)
EPM:	Margen de protección equivalente (<i>equivalent protection margin</i>) (dB)
OEPM:	Margen de protección global equivalente (<i>overall equivalent protection margin</i>) (dB)

* Este método se ha elaborado para efectuar los análisis de compatibilidad de las asignaciones presentadas a la BR en virtud de las disposiciones de los Apéndices 30 y 30A del RR, con parámetros distintos de los utilizados al elaborar los Planes (anchura de banda del canal, frecuencia central, tipo de emisión, etc.).

X :	Reducción de la C/I total debida a la interferencia en el enlace de conexión (dB)
Operador \oplus :	$A \oplus B = -10 \log(10^{-A/10} + 10^{-B/10})$
Operador \ominus :	$A \ominus B = -10 \log(10^{-A/10} - 10^{-B/10})$
Operador $\Sigma\oplus$:	$\sum_{n=1}^N \oplus A_n = -10 \log(10^{-A_1/10} + 10^{-A_2/10} + \dots + 10^{-A_n/10})$

3 Métodos de cálculo de la interferencia

Para calcular la situación de interferencia de una asignación se necesitan dos elementos importantes:

- la relación agregada equivalente portadora/interferencia, $C/I_{eq, ag}$, en los enlaces ascendente y descendente, $C/I_{eq, ag, up}$, $C/I_{eq, ag, dn}$, respectivamente,
- las relaciones de protección cocanal (o cofrecuencia) totales de la portadora deseada, PR_{ov} .

Además, se necesitan más definiciones de los EPM (véase la Nota 1) y del OEPM.

NOTA 1 – El EPM no se necesita en el caso de la aplicación de este método al Plan del SRS de la Región 2.

3.1 Los primeros elementos, es decir, las relaciones agregadas equivalentes portadora/interferencia se calculan como se indica a continuación para los enlaces ascendente y descendentes:

$$C/I_{eq, ag, up} = \sum_{i=1}^m \oplus (C/I_{i, se, up} + D_i(f\phi_i))$$

$$C/I_{eq, ag, dn} = \sum_{i=1}^n \oplus (C/I_{i, se, dn} + D_i(f\phi_i))$$

donde:

- m : número de portadoras interferentes en el enlace de conexión
- n : número de portadoras interferentes en el enlace descendente
- $f\phi$: separación entre las frecuencias centrales de la portadora deseada y de una portadora interferente; valor positivo o negativo (MHz)
- $D(f\phi)$: diferencia (dB) entre el valor adecuado del límite de protección sin separación de frecuencia (es decir, estando el valor central en 0 MHz) y el valor del límite de protección con una separación de frecuencia de $f\phi$ MHz.

Para el caso de una portadora deseada digital y una portadora interferente digital, $D(f\phi) = -I(f\phi)$, en la que $I(f\phi)$ ($\equiv I(\Delta f)$) es la definida en el Anexo 3, suponiendo un canal lineal o no lineal.

Para otras combinaciones de tipos de portadoras deseada e interferente (interferencia de digital a analógica) están por definir los límites adecuados. Hasta el momento en que se disponga de dichos límites, para evaluar $D(f\phi)$ debe aplicarse el modelo indicado en el Anexo 1.

A partir de estos primeros elementos, puede calcularse la relación equivalente agregada total portadora/interferencia, $C/I_{ov, eq, ag}$, de la siguiente manera:

$$C/I_{ov, eq, ag} = C/I_{eq, ag, up} \oplus C/I_{eq, ag, dn}$$

3.2 El segundo elemento importante, es decir, la relación global de protección, PR_{ov} , se asocia al tipo de portadoras deseadas.

Además de este segundo elemento, puede definirse una relación de protección del enlace de conexión y una relación de protección del enlace descendente, PR_{up} y PR_{dn} , respectivamente. Suponiendo un aumento determinado, X , de la relación de protección del enlace descendente para la interferencia en el enlace de conexión, PR_{up} y PR_{dn} se definen de la siguiente manera:

$$PR_{dn} = PR_{ov} + X$$

$$PR_{up} = PR_{ov} \odot PR_{dn}$$

3.3 Definiciones de EPM_{up} , EPM_{dn} y OEPM

$$OEPM = C/I_{ov, eq, ag} - PR_{ov}$$

$$EPM_{up} = C/I_{eq, ag, up} - PR_{up}$$

$$EPM_{dn} = C/I_{eq, ag, dn} - PR_{dn}$$

ANEXO 3

Cálculo de los límites de protección para la interferencia entre diversos tipos de portadoras digitales

1 Método

Se supone que puede establecerse un modelo, a efectos del cálculo de la interferencia, de la portadora digital interferente como fuente de ruido blanco, seguida de un filtro de conformación de impulsos de raíz cuadrada del coseno exponencial. Puede especificarse libremente que el factor de caída, α_i , de este filtro tiene valores en la gama $0 \leq \alpha_i \leq 1$ (0% a 100% de caída). La anchura de banda de 3 dB del filtro se especifica por la velocidad de símbolos transmitida, R_i , para la señal digital interferente.

El nivel de la interferencia digital que afecta a la señal deseada depende de:

- La separación entre la frecuencia de la señal deseada y la interferente, Δf .
- Las características del filtro del receptor.
- Las características del canal de transmisión que transporta la señal interferente.

El filtro del receptor se modeliza como un filtro de raíz cuadrada de coseno alzado con un factor de caída, α_w , siendo ($0 \leq \alpha_w \leq 1$), y con una anchura de banda a 3 dB especificada por la velocidad de símbolos de la señal deseada, R_w .

La amplificación de alta potencia de la señal interferente produce un crecimiento de los lóbulos laterales en el espectro. La contribución a la interferencia de los lóbulos laterales es despreciable para valores bajos de Δf , pero se torna cada vez más importante al aumentar la separación entre las frecuencias.

Sólo es preciso considerar los dos primeros lóbulos laterales. La contribución a la interferencia para lóbulos laterales de orden superior es despreciable en todos los casos de transmisión prácticos.

El nivel de cada lóbulo lateral se ajusta en relación con el lóbulo espectral principal para reflejar las características del canal no lineal. El nivel relativo de cada lóbulo lateral incluye dos componentes L_s y X :

- El valor L_s que depende de las características no lineales del amplificador de gran potencia y del nivel de funcionamiento del amplificador (backoff). El nivel de L_s es diferente para cada lóbulo lateral.
- Un valor X que representa el efecto de filtrado a la salida del amplificador de gran potencia. Se supone que este valor de atenuación es el mismo para todos los lóbulos laterales espectrales. Este planteamiento es conservador, puesto que la ganancia del filtro que sigue al amplificador de gran potencia no es plana, sino que disminuye al aumentar el desplazamiento frecuencia a partir de la frecuencia central del canal.

Los parámetros L_s y X se expresan en decibelios.

Los parámetros R_i y R_w se expresan en Msímbolos/s. Las anchuras de banda totales de las señales deseada e interferente vienen dadas por $R_w(1 + \alpha_w)$ MHz y $R_i(1 + \alpha_i)$ MHz, respectivamente. El parámetro de la diferencia de frecuencias, Δf se expresa en MHz. Se supone que la interferencia a la salida del filtro receptor es de tipo ruido.

Se utiliza un algoritmo común para calcular la potencia de la señal deseada a la entrada del receptor y las contribuciones de la potencia de la interferencia provenientes del lóbulo principal espectral y de cada uno de los lóbulos laterales. El procedimiento para calcular cada contribución de potencia es como sigue (véase el § 3 para las definiciones de los términos utilizados a continuación):

- a) se fijan los parámetros de entrada (R_i , R_w , α_i , α_w , δf , L_s y X) en los valores adecuados para calcular la contribución de potencia (señal deseada, lóbulo principal espectral de la señal interferente o lóbulo lateral espectral de la señal interferente);
- b) se calculan los nueve pares de límites (U_n , L_n , $n = 1, \dots, 9$);
- c) se calculan los cinco términos de contribución de potencia (C_m , $m = 1, \dots, 5$);
- d) se calcula la potencia recibida total, P :

$$P = 10^{10} \sum_{m=1}^5 C_m^{L_s - X}$$

El nivel de la potencia de interferencia, $I(\Delta f)$ medida a la salida del filtro del receptor y expresada en relación a la potencia de la portadora deseada para una C/I de enlace de referencia de 0 dB (es decir, suponiendo potencias iguales de las portadoras deseada e interferente), se calcula como se indica a continuación.

Paso 1: Se calcula la potencia de la señal deseada, P_w , a la salida del filtro del receptor utilizando el algoritmo anterior y fijando los valores de los parámetros de entrada como sigue:

$$R_i = R_w, \quad \alpha_i = \alpha_w, \quad \delta f = 0, \quad L_s = 0, \quad X = 0$$

Paso 2: Se calcula la contribución de la potencia de la señal interferente debida al lóbulo principal espectral, P_0 , a la salida del filtro del receptor utilizando el mismo algoritmo y fijando los parámetros de entrada de la forma siguiente:

$$\delta f = \Delta f, \quad L_s = 0, \quad X = 0$$

Paso 3: Se calcula la contribución debida al primer lóbulo lateral espectral de la potencia de la señal interferente, P_1 , fijando los parámetros de entrada de la forma siguiente:

$$\delta f = |\Delta f| - R_i, \quad L_s = L_1 \neq 0, \quad X \neq 0$$

El valor de L_s depende de las características no lineales del amplificador de gran potencia y de su punto de funcionamiento. El valor de X depende de las características de atenuación fuera de banda del filtro posterior al amplificador de gran potencia.

Paso 4: Se calcula la contribución debida al segundo lóbulo lateral espectral de la potencia de la señal interferente, P_2 , fijando los parámetros de entrada de la forma siguiente:

$$\delta f = |\Delta f| - 2R_i, \quad L_s = L_2 \neq L_1 \neq 0, \quad X \neq 0$$

El valor de L_s depende de nuevo de las características no lineales del amplificador de gran potencia y de su punto de funcionamiento. El valor de X es el mismo que en el Paso 3.

Paso 5: Se calcula la potencia de interferencia relativa para los parámetros de la señal y la separación de frecuencia indicados:

$$I(\Delta f) = 10 \log \left(\frac{P_0 + P_1 + P_2}{P_w} \right) \quad \text{dB}$$

2 Ejemplo de cálculo de límites de protección

A modo de ejemplo (arbitrario), se supone que los parámetros de las señales deseada e interferente son los siguientes:

Señal digital deseada:

Velocidad de símbolos, $R_w = 27,5$ Msímbolos/s

Factor de caída, $\alpha_w = 0,35$ (caída en coseno del 35%).

Señal digital interferente:

Velocidad de símbolos, $R_i = 27,5$ Msímbolos/s

Factor de caída, $\alpha_i = 0,35$ (caída del coseno en 35%).

Niveles de los lóbulos laterales:

Nivel del primer lóbulo lateral, $L_{s1} = -17,0$ dB

Nivel del segundo lóbulo lateral, $L_{s2} = -27,5$ dB.

Filtrado posterior al amplificador de gran potencia:

Atenuación de los lóbulos laterales, $X_f = 12,0$ dB.

Se supone que la separación de frecuencia entre las señales deseada e interferente, Δf , es de 38,36 MHz. La aplicación del método de cálculo descrito en el § 1 del presente Anexo y que se detalla en el § 3 da lugar a lo siguiente:

Paso 1: Se calcula la potencia de la señal deseada, P_w , a la salida del filtro del receptor:

$$R_i = R_w, \quad \alpha_i = \alpha_w, \quad L_s = 0, \quad X = 0, \quad \delta f = 0$$

$$L_1 = U_8 = U_9 = -8,937$$

$$U_1 = L_2 = U_2 = L_3 = U_3 = L_4 = U_4 = L_5 = U_5 = L_6 = L_7 = L_8 = L_9 = 8,937$$

$$U_6 = U_7 = 18,563$$

$$C_1 = 0,825, \quad C_2 = 0, \quad C_3 = 0, \quad C_4 = 0,088, \quad C_5 = 0$$

$$P_w = 0,913$$

Paso 2: Se calcula la potencia de la señal interferente, P_0 , debida al lóbulo espectral principal a la salida del filtro del receptor:

$$L_s = 0, \quad X = 0, \quad \delta f = \Delta f$$

$$L_1 = L_3 = L_4 = 29,422, \quad U_1 = L_2 = L_5 = L_7 = 8,937, \quad L_6 = L_9 = 47,297, \quad L_8 = -18,563$$

$$U_9 = -8,937, \quad U_2 = U_5 = -29,422, \quad U_3 = U_4 = U_6 = 18,563, \quad U_7 = U_8 = -19,797$$

$$C_1 = 0, \quad C_2 = 0, \quad C_3 = 0, \quad C_4 = 0, \quad C_5 = 0$$

$$P_0 = 0$$

Paso 3: Se calcula la potencia de la señal interferente, P_1 , debida al primer lóbulo lateral espectral a la salida del filtro del receptor:

$$L_s = L_{s1}, \quad X = X_f, \quad \delta f = |\Delta f| - R_i$$

$$L_1 = 1,923, \quad U_1 = L_2 = L_3 = L_4 = L_5 = L_7 = 8,937, \quad U_2 = U_5 = L_8 = -1,923$$

$$U_3 = U_4 = U_6 = 18,563, \quad L_6 = L_9 = 19,797, \quad U_7 = 7,703, \quad U_8 = U_9 = -8,937$$

$$C_1 = 0,605, \quad C_2 = 0, \quad C_3 = 0, \quad C_4 = 0, \quad C_5 = 0$$

$$P_1 = 7,618 \times 10^{-4}$$

Paso 4: Se calcula la potencia de la señal interferente, P_2 , debida al segundo lóbulo lateral espectral a la salida del filtro del receptor:

$$L_s = L_{s2}, \quad X = X_f, \quad \delta f = |\Delta f| - 2R_i$$

$$L_1 = U_8 = U_9 = -8,937, \quad U_1 = U_3 = U_4 = L_9 = -7,703, \quad L_2 = L_3 = L_4 = L_5 = L_6 = 8,937$$

$$U_2 = U_5 = U_7 = 18,563, \quad L_7 = L_8 = 25,578, \quad U_6 = 1,922$$

$$C_1 = 0,395, \quad C_2 = 0, \quad C_3 = 0, \quad C_4 = 0, \quad C_5 = 0$$

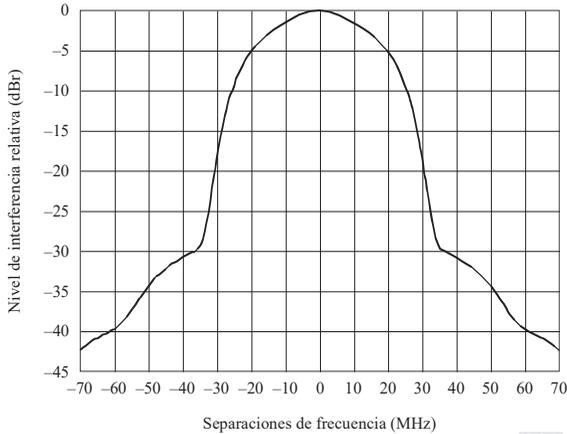
$$P_2 = 4,431 \times 10^{-5}$$

Paso 5: Se calcula la potencia de interferencia total en función de la potencia de la señal deseada:

$$I(\Delta f) = -30,5$$

Siguiendo este procedimiento para una gama de separaciones de frecuencia se llega a los límites de protección del ejemplo que se indican en la Fig. 1.

FIGURA 1



1293-01

3 Algoritmos: Cálculo de la potencia de la señal recibida (deseada o interferente)

3.1 Límites

$$A = (1 - \alpha_w) \frac{R_w}{2}$$

$$B = (1 + \alpha_w) \frac{R_w}{2}$$

$$C = (1 - \alpha_i) \frac{R_i}{2}$$

$$D = (1 + \alpha_i) \frac{R_i}{2}$$

$$L_1 = \max(-A; \delta f - C)$$

$$L_4 = \max(A; \delta f - C)$$

$$L_7 = \max(A; -\delta f + C)$$

$$U_1 = \min(A; \delta f + C)$$

$$U_4 = \min(B; \delta f + C)$$

$$U_7 = \min(B; -\delta f + D)$$

$$L_2 = \max(-A - \delta f; C)$$

$$L_5 = \max(A; -\delta f - C)$$

$$L_8 = \max(-B; -\delta f + C)$$

$$U_2 = \min(A - \delta f; D)$$

$$U_5 = \min(B; -\delta f + C)$$

$$U_8 = \min(-A; -\delta f + D)$$

$$L_3 = \max(-A + \delta f; C)$$

$$L_6 = \max(A; \delta f + C)$$

$$L_9 = \max(-B; \delta f + C)$$

$$U_3 = \min(A + \delta f; D)$$

$$U_6 = \min(B; \delta f + D)$$

$$U_9 = \min(-A; \delta f + D)$$

NOTA 1:

$\max(a; b)$: valor máximo de a y b

$\min(a; b)$: valor mínimo de a y b

δf = frecuencia de la señal interferente - frecuencia de la señal deseada.

3.2 Funciones

Cuando $1 \leq n \leq 3$:

$$p_n(a,b) = \begin{cases} f_n(a) - f_n(b) & \text{para } a > b \\ = 0 & \text{para } a \leq b \end{cases}$$

$$f_1(x) = \left(\frac{x}{R_i} \right) \quad f_2(x) = \frac{\alpha_i}{2\pi} \cos\left(\frac{\pi}{2} \frac{2x - R_i}{\alpha_i R_i} \right) \quad f_3(x) = \frac{\alpha_w R_w}{2\pi R_i} \cos\left(\frac{\pi}{2} \frac{2x - R_w}{\alpha_w R_w} \right)$$

Cuando $4 \leq n \leq 5$:

$$p_n(a,b,\delta f) = \begin{cases} f_n(a,\delta f) - f_n(b,\delta f) & \text{para } a > b \\ = 0 & \text{para } a \leq b \end{cases}$$

$$f_4(x,y) = \begin{cases} f_{4a}(x,y) & \text{para } \alpha_w R_w = \alpha_i R_i \\ = f_{4b}(x,y) & \text{para } \alpha_w R_w \neq \alpha_i R_i \end{cases} \quad f_5(x,y) = \begin{cases} f_{5a}(x,y) & \text{para } \alpha_w R_w = \alpha_i R_i \\ = f_{5b}(x,y) & \text{para } \alpha_w R_w \neq \alpha_i R_i \end{cases}$$

$$f_{4a}(x,y) = \frac{1}{16\pi R_i} \left(2\pi x \cos\left(\frac{\pi}{2} \frac{2y + R_i - R_w}{\alpha_i R_i} \right) - \alpha_i R_i \operatorname{sen}\left(\frac{\pi}{2} \frac{4x - 2y - R_i - R_w}{\alpha_i R_i} \right) \right)$$

$$f_{4b}(x,y) = \frac{\alpha_i \alpha_w R_w}{4\pi(\alpha_i^2 R_i^2 - \alpha_w^2 R_w^2)} \left(\alpha_i R_i \cos\left(\frac{\pi}{2} \frac{2x - R_w}{\alpha_w R_w} \right) \operatorname{sen}\left(\frac{\pi}{2} \frac{2y - 2x + R_i}{\alpha_i R_i} \right) + \alpha_w R_w \operatorname{sen}\left(\frac{\pi}{2} \frac{2x - R_w}{\alpha_w R_w} \right) \cos\left(\frac{\pi}{2} \frac{2y - 2x + R_i}{\alpha_i R_i} \right) \right)$$

$$f_{5a}(x,y) = \frac{1}{16\pi R_i} \left(\alpha_i R_i \operatorname{sen}\left(\frac{\pi}{2} \frac{4x - 2y - R_i + R_w}{\alpha_i R_i} \right) - 2\pi x \cos\left(\frac{\pi}{2} \frac{2y + R_i + R_w}{\alpha_i R_i} \right) \right)$$

$$f_{5b}(x,y) = \frac{\alpha_i \alpha_w R_w}{4\pi(\alpha_i^2 R_i^2 - \alpha_w^2 R_w^2)} \left(\alpha_i R_i \cos\left(\frac{\pi}{2} \frac{2x + R_w}{\alpha_w R_w} \right) \operatorname{sen}\left(\frac{\pi}{2} \frac{2x - 2y - R_i}{\alpha_i R_i} \right) - \alpha_w R_w \operatorname{sen}\left(\frac{\pi}{2} \frac{2x + R_w}{\alpha_w R_w} \right) \cos\left(\frac{\pi}{2} \frac{2x - 2y - R_i}{\alpha_i R_i} \right) \right)$$

3.3 Contribuciones de potencia

$$C_1 = p_1(U_1, L_1) + \frac{1}{2} \sum_{n=2}^5 p_1(U_n, L_n) + \frac{1}{4} \sum_{n=6}^9 p_1(U_n, L_n)$$

$$C_2 = p_2(U_2, L_2) + p_2(U_3, L_3) + \frac{1}{2} [p_2(U_6 - \delta f, L_6 - \delta f) + p_2(U_7 + \delta f, L_7 + \delta f) + p_2(U_8 + \delta f, L_8 + \delta f) + p_2(U_9 - \delta f, L_9 - \delta f)]$$

$$C_3 = p_3(U_4, L_4) + p_3(U_5, L_5) + \frac{1}{2} [p_3(U_6, L_6) + p_3(U_7, L_7) + p_3(-L_8, -U_8) + p_3(-L_9, -U_9)]$$

$$C_4 = p_4(U_6, L_6, \delta f) + p_4(U_7, L_7, -\delta f)$$

$$C_5 = p_5(U_8, L_8, -\delta f) + p_5(U_9, L_9, \delta f)$$

3.4 Potencia total de la señal recibida

$$\text{Potencia} = 10^{\frac{L_s - X}{10}} \sum_{m=1}^5 C_m$$

APÉNDICE 1

AL ANEXO 3

Notificación de parámetros asociados a emisiones digitales

La aplicación del método descrito en el Anexo 3 al cálculo de los límites de protección para la interferencia entre emisiones digitales exige la notificación de parámetros asociados a cada emisión digital. Estos parámetros son:

- el tipo de modulación digital (este método se aplica únicamente a las señales con modulación por desplazamiento de fase);
- la velocidad de símbolos transmitidos (Msímbolos/s);
- el factor de caída del filtro de conformación de impulsos digital (se supone que es un filtro de caída en coseno o una aproximación de ésta) con un valor que oscila entre 0 y 1;
- los niveles relativos de los lóbulos laterales primero y segundo, L_{s1} y L_{s2} (dB);
- la atenuación de los lóbulos laterales, X (dB) debida al filtrado posterior al amplificador de gran potencia.

Los tres primeros parámetros ya son exigidos por el Apéndice 4 del RR. Además, se recomienda que una futura conferencia competente incorpore los dos últimos parámetros al Apéndice 4 del RR.

La mayoría de las portadoras de televisión digital de enlace descendente ocupan la totalidad de la anchura de banda del transpondedor y el transpondedor se utiliza en saturación para una potencia máxima del enlace descendente. Estudios han mostrado que, en estas condiciones, los niveles relativos de lóbulo lateral adecuados son -18 dB y -30 dB respectivamente. Además, puesto que siempre existe filtrado (un multiplexor de salida) a la salida del amplificador de gran potencia de a bordo (amplificador de tubo de ondas progresivas (ATOP)), el parámetro X es distinto de cero. El valor exacto de X variará de un sistema a otro. Un valor mínimo conservador parece ser 12 dB, que será superado por todos los nuevos sistemas que incluyen canales copolares contiguos.

Para enlaces ascendentes, no existe normalmente un filtro posterior al amplificador de gran potencia pero el amplificador de gran potencia se utiliza con una reducción de potencia para controlar los niveles de lóbulos laterales fuera de banda. Es improbable que se superen los niveles de lóbulo lateral de -29 dB y $-39,5$ dB en enlaces de conexión de sistemas del SRS.

RECOMENDACIÓN UIT-R S.1340-0***

Compartición entre los enlaces de conexión del servicio móvil por satélite y el servicio de radionavegación aeronáutica en el sentido Tierra-espacio en la banda 15,4-15,7 GHz

(Cuestión UIT-R 243/4)

(1997)

La Asamblea de Radiocomunicaciones de la UIT,

considerando

- a) que la Resolución 117 (CMR-95) de la Conferencia Mundial de Radiocomunicaciones (Ginebra, 1995) solicita al UIT-R que realice estudios sobre la situación de compartición entre los enlaces de conexión (Tierra-espacio) del servicio móvil por satélite (SMS) y el servicio de radionavegación aeronáutica en la banda 15,45-15,65 GHz;
- b) que la banda 15,4-15,7 GHz está atribuida al servicio de radionavegación aeronáutica a título primario y que en ella se aplica el número S4.10 del Reglamento de Radiocomunicaciones (RR);
- c) que la CMR-95 añadió una atribución al servicio fijo por satélite (SFS) en la banda 15,45-15,65 GHz para los enlaces de conexión de redes de satélites no geoestacionarios (no OSG) del SMS en el sentido Tierra-espacio;
- d) que es necesario dar acomodo en esta banda a los enlaces de conexión (Tierra-espacio) de los sistemas de satélites no OSG del SMS;
- e) que las emisiones procedentes de las estaciones del servicio de radionavegación aeronáutica pueden provocar interferencia inaceptable a los satélites;
- f) que se ha instado a las administraciones que explotan estaciones del servicio de radionavegación aeronáutica a que limiten la p.i.r.e. media a un valor de 42 dBW a fin de reducir la interferencia causada a los satélites no OSG; este valor está siendo objeto de examen y estudio por parte del UIT-R (véase el número S5.511C del RR);
- g) que la coordinación de las emisiones procedentes de estaciones del servicio de radionavegación aeronáutica con las estaciones espaciales de enlaces de conexión no se considera posible;
- h) que las emisiones procedentes de estaciones terrenas de enlaces de conexión propagadas a lo largo de la superficie de la Tierra pueden provocar interferencia inaceptable a las estaciones de radionavegación aeronáutica;
- j) que se han impuesto algunas limitaciones al SFS para la protección del servicio de radionavegación aeronáutica de conformidad con el número S5.511C del RR;
- k) que está muy extendida la utilización de esta banda por el servicio de radionavegación aeronáutica en las estaciones a bordo de aeronaves, en tierra y marítimas;
- l) que no se permite a las estaciones de aeronave transmitir en la banda 15,45-16,45 GHz, de acuerdo con el número S5.511B del RR;

* Esta Recomendación debe señalarse a la atención de la Comisión de Estudio 8 de Radiocomunicaciones.

** La Comisión de Estudio 4 de Radiocomunicaciones efectuó modificaciones de redacción en esta Recomendación en 2001 de conformidad con la Resolución UIT-R 44 (AR-2000).

- m) que las características técnicas y de explotación de las estaciones de radionavegación aeronáutica están razonablemente bien definidas;
- n) que las características técnicas y de explotación de los enlaces de conexión no están bien definidas;
- o) que es preciso establecer métodos para determinar las distancias de coordinación y separación necesarias entre las estaciones terrenas de enlaces de conexión y las estaciones de radionavegación aeronáutica para proteger estas últimas;
- p) que se han efectuado estudios relativos a los *considerando* anteriores,

recomienda

1 que los enlaces de conexión del SMS se limiten a la banda 15,43-15,63 GHz (véase la Nota 1);

2 que las emisiones expresadas como p.i.r.e. equivalente, E_{ef} , procedente de las estaciones de radionavegación aeronáutica no rebasen los siguientes valores:

2.1 para sistemas de aterrizaje de aeronaves y para anchuras de banda del enlace de conexión superiores a 3 MHz:

$$E_{ef} = \begin{cases} 53 & \text{dBW} & \text{para } 0 \leq \varphi < 8 \\ 53 - 0,833 (\varphi - 8) & \text{dBW} & \text{para } 8 \leq \varphi < 14 \\ 48 & \text{dBW} & \text{para } 14 \leq \varphi < 32 \\ 48 - 9 (\varphi - 32) & \text{dBW} & \text{para } 32 \leq \varphi < 34 \\ 30 & \text{dBW} & \text{para } 34 \leq \varphi < 40 \\ 30 - 0,2 (\varphi - 40) & \text{dBW} & \text{para } 40 \leq \varphi \leq 90 \end{cases}$$

2.2 para radares de aeronave de carácter general y anchuras de banda del enlace de conexión superiores a 1 MHz:

$$E_{ef} = \begin{cases} 62 & \text{dBW} & \text{para } 0 \leq \varphi < 20 \\ 62 - 0,56 (\varphi - 20)^2 & \text{dBW} & \text{para } 20 \leq \varphi < 25 \\ 48 & \text{dBW} & \text{para } 25 \leq \varphi < 29 \\ 71,86 - 25 \log (\varphi - 20) & \text{dBW} & \text{para } 29 \leq \varphi < 68 \\ 29,8 & \text{dBW} & \text{para } 68 \leq \varphi \leq 90 \end{cases}$$

siendo:

$$E_{ef} = E_p - 15 \log (1 + 5/PW) \quad \text{dBW}$$

E_{ef} : p.i.r.e. que provoca el mismo nivel de interferencia en una señal modulada en fase que una fuente de interferencia similar al ruido continuo

E_p : p.i.r.e. impulsiva de cresta (dBW) de la estación de radionavegación aeronáutica

PW : duración del impulso (μ s) de la estación de radionavegación aeronáutica

φ : ángulo de elevación en grados por encima del plano horizontal;

3 que los enlaces de conexión en sentido Tierra-espacio se diseñen de forma que funcionen en el entorno de interferencia definido en el *recomienda* 2;

4 que si se cumplen los *recomienda* 2 y 3 no se efectúe la coordinación de las emisiones procedentes de las estaciones de radionavegación aeronáutica con las estaciones receptoras de satélite;

5 que la p.i.r.e. transmitida hacia el plano horizontal local por la estación terrena del enlace de conexión no rebase el valor de 54 dB(W/MHz) (véase la Nota 2);

6 que los radares de superficie descritos en el Anexo 1 no funcionen en la banda 15,43-15,63 GHz;

7 que las distancias de coordinación necesarias para proteger las estaciones de radionavegación aeronáutica contra la interferencia perjudicial causada por las emisiones de las estaciones terrenas de enlaces de conexión sean:

- 515 km desde la superficie de aterrizaje de la aeronave en los sistemas de aterrizaje de aeronaves;
- 600 km desde las aeronaves que utilizan radares de carácter general;
- 270 km desde la superficie de aterrizaje de la aeronave en los sistemas de detección y medición por radar;

8 que se consulte la información adicional contenida en los Anexos 1, 2 y 3.

NOTA 1 – La banda de frecuencias indicada en el *recomienda* 1 es ligeramente distinta a la atribuida por la CMR-95. Esta diferencia se recomienda para facilitar la compartición entre los enlaces de conexión del SMS no OSG y el servicio de radionavegación aeronáutica. El *recomienda* 1 será revisado posteriormente de acuerdo con los resultados de una futura CMR.

NOTA 2 – Pueden imponerse limitaciones de diseño y de explotación adicionales a los enlaces de conexión Tierra-espacio del SMS a fin de tener en cuenta los niveles umbrales para el servicio de radioastronomía indicados en la Recomendación UIT-R RA.769.

ANEXO 1

Sistemas de radionavegación aeronáutica en la banda 15,4-15,7 GHz

1 Radares de superficie (SBR, *Surface based radars*)

Los SBR situados en tierra y en barcos se utilizan para la detección, localización y movimiento de aeronaves y de otros vehículos en la superficie de los aeropuertos y en otras zonas de aterrizaje de aeronaves.

1.1 Diagramas de antena

- Anchura de haz nominal a 3 dB: <math><3,5^\circ</math> vertical,
cosecante invertida a $-31^\circ</math>
$0,35^\circ$ horizontal$
- Gama de frecuencias: 15,5-16,7 GHz
- Polarización: circular
- Ganancia típica: 43 dBi
- Máximo nivel del lóbulo lateral: 25 dB por debajo de la ganancia de cresta
- Máximo nivel del lóbulo posterior: 35 dB por debajo de la ganancia de cresta
- Gama de inclinación vertical: $\pm 1,5^\circ</math>$
- Máxima gama de exploración horizontal: $360^\circ</math>$

1.1.1 Diagrama de la envolvente del ángulo de elevación de antena

Basándose en los datos medidos y en las especificaciones del nivel del lóbulo lateral y con la ganancia de cresta dirigida a $+1,5^\circ$, se define un diagrama de ganancia de la envolvente del ángulo de elevación de la forma siguiente, siendo φ el ángulo de elevación (grados):

$$G(\varphi) = \begin{cases} 43 & \text{dBi} & \text{para} & 0 \leq \varphi < 4 \\ 43 - 5(\varphi - 4) & \text{dBi} & \text{para} & 4 \leq \varphi < 9 \\ 18 & \text{dBi} & \text{para} & 9 \leq \varphi < 16 \\ 43,2 - 21 \log \varphi & \text{dBi} & \text{para} & 16 \leq \varphi < 48 \\ 8 & \text{dBi} & \text{para} & 48 \leq \varphi \leq 90 \end{cases}$$

1.1.2 Diagrama de la envolvente del acimut de antena

Basándose en los datos medidos en las especificaciones del nivel del lóbulo lateral, se define el diagrama de ganancia de acimut de la forma siguiente, siendo φ el ángulo acimutal relativo (grados):

$$G(\varphi) = \begin{cases} 43 - 110 \varphi^2 & \text{dBi} & \text{para} & 0 \leq \varphi < 0,4767 \\ 18 & \text{dBi} & \text{para} & 4,4767 \leq \varphi < 0,72 \\ 17,07 - 6,5 \log \varphi & \text{dBi} & \text{para} & 0,72 \leq \varphi < 48 \\ 8 & \text{dBi} & \text{para} & 48 \leq \varphi \leq 180 \end{cases}$$

1.2 Otras características

1.2.1 Transmisión

- p.i.r.e. de cresta: 86 dBW
- Frecuencia de repetición de impulsos: 8 192 Hz
- Duración del impulso: 0,04 μ s
- Anchura de banda del impulso a 3,5 dB: 25 MHz.

1.2.2 Recepción

- Ganancia de antena típica: 43 dBi
- Factor de ruido típico: 6,2-6,9 dB.

2 Sistemas de aterrizaje de aeronaves (ALS, *Aircraft landing systems*)

Los ALS son polivalentes y se utilizan en barcos, como sistemas portátiles o permanentes en tierra y para aterrizajes de lanzadera (sistema de aterrizaje por haz de exploración de microondas (MSBLS, *Microwave scanning beam landing system*). Algunas de las características varían con las aplicaciones en concreto.

2.1 Diagramas de antena de la estación en la superficie

Los diagramas de antena son similares para todas las aplicaciones incluidos los MSBLS. Las gamas de exploración varían según la aplicación. Las gamas indicadas a continuación cubren todas las aplicaciones.

El complemento de antena del ALS consiste en una antena de elevación y una antena de acimut.

La parte de antena de elevación del ALS se utiliza para transmitir a la aeronave datos sobre el ángulo vertical:

- anchuras de haz nominal a 3 dB: 1,3° vertical
40° horizontal
- gama de frecuencias: 15,4-15,7 GHz
- polarización: horizontal y vertical
- ganancia típica: 28 dBi
- máximo nivel del lóbulo lateral: 17 dB por debajo de la ganancia de cresta en ambos planos
- máxima gama de exploración vertical: 0° a 30°.

La parte de antena de acimut del ALS se utiliza para transmitir a la aeronave información de acimut:

- anchuras de haz nominal a 3 dB: 2,0° horizontal
6,5° vertical
- el diagrama vertical se modifica para lograr al menos una ganancia de 20 dBi a 20° por encima del horizonte
- gama de frecuencias: 15,4-15,7 GHz
- polarización: horizontal y vertical
- ganancia típica: 33 dBi
- máximo nivel del lóbulo lateral: 17 dB por debajo de la ganancia de cresta en ambos planos
- máxima gama de exploración horizontal: ±35°.

2.1.1 Diagrama combinado de la envolvente del ángulo de elevación de antena

Se define, de la forma siguiente, un diagrama combinado de la envolvente del ángulo vertical basándose en los datos medidos, siendo φ el ángulo de elevación (grados):

$$G(\varphi) = \begin{cases} 33 & \text{dBi} & \text{para} & 0 \leq \varphi < 8 \\ 33 - 0,833 (\varphi - 8) & \text{dBi} & \text{para} & 8 \leq \varphi < 14 \\ 28 & \text{dBi} & \text{para} & 14 \leq \varphi < 32 \\ 28 - 9 (\varphi - 32) & \text{dBi} & \text{para} & 32 \leq \varphi < 34 \\ 10 & \text{dBi} & \text{para} & 34 \leq \varphi < 40 \\ 10 - 0,2 (\varphi - 40) & \text{dBi} & \text{para} & 40 \leq \varphi \leq 90 \end{cases}$$

2.1.2 Diagramas del acimut de antena

Se define el diagrama de la envolvente del acimut de la antena de elevación de la forma siguiente, siendo φ el ángulo acimutal relativo (grados):

$$G(\varphi) = \begin{cases} 28 - 0,0062 \varphi^2 & \text{dBi} & \text{para} & 0 \leq \varphi < 70 \\ -2,37 & \text{dBi} & \text{para} & 70 \leq \varphi \leq 180 \end{cases}$$

El diagrama de la envolvente del acimut de la antena de acimut se define de la forma siguiente, siendo φ el ángulo acimutal relativo (grados):

$$G(\varphi) = \begin{cases} 33 - 2 \varphi^2 & \text{dBi} & \text{para} & 0 \leq \varphi < 3 \\ 15 & \text{dBi} & \text{para} & 3 \leq \varphi < 5 \\ 32,5 - 25 \log \varphi & \text{dBi} & \text{para} & 5 \leq \varphi < 48 \\ -9,53 & \text{dBi} & \text{para} & 48 \leq \varphi \leq 180 \end{cases}$$

2.2 Otras características

2.2.1 Transmisión

- p.i.r.e. de cresta: 71 dBW
- Frecuencia de repetición de impulsos: 3 334 Hz
- Duración del impulso: 0,333 μ s
- Anchura de banda del impulso a 3,5 dB: 3 MHz.

2.2.2 Recepción

- Ganancia de antena típica: 8 dBi
- Factor de ruido típico: 8 dB.

3 Radares de aeronave multifunción (MPR, *Multipurpose radars*)

Se trata de MPR de radionavegación, radiolocalización y meteorológicos.

3.1 Diagramas de antena

La antena es una parábola de aproximadamente 0,3 m de diámetro que es explorada vertical y horizontalmente con respecto al rumbo y actitud de la aeronave:

- anchura de haz nominal a 3 dB: 4,5°
- gama de frecuencias: 15,4-15,7 GHz
- polarización: vertical
- ganancia típica: 30 dBi
- gama máxima de barrido horizontal $\pm 45^\circ$
- gama máxima de barrido vertical $\pm 20^\circ$.

El diagrama de la envolvente de la antena se define de la forma siguiente, siendo φ el ángulo acimutal relativo (grados):

$$G(\varphi) = \begin{cases} 30 & \text{dBi} & \text{para} & 0 \leq \varphi < 20 \\ 30 - 0,56 (\varphi - 20)^2 & \text{dBi} & \text{para} & 20 \leq \varphi < 25 \\ 16 & \text{dBi} & \text{para} & 25 \leq \varphi < 29 \\ 39,86 - 25 \log (\varphi - 20) & \text{dBi} & \text{para} & 29 \leq \varphi < 68 \\ -2,17 & \text{dBi} & \text{para} & 68 \leq \varphi \leq 180 \end{cases}$$

3.2 Otras características

3.2.1 Transmisión

- p.i.r.e. de cresta: 70 dBW
- Frecuencia de repetición de impulsos: 800 Hz
- Duración del impulso: 2 μ s.
- Anchura de banda del impulso a 3,5 dB: 0,5 MHz.

3.2.2 Recepción

- Ganancia de antena típica: 30 dBi
- Factor de ruido típico: 8 dB.

4 Sistema de detección y medición por radar (RSMS, *Radar sensing and measurement system*)

Las técnicas de medición que utilizan tecnología de radar a 15 GHz son particularmente adecuadas para pequeñas aeronaves, incluidos los helicópteros, porque ofrecen la ventaja de ser equipos compactos y ligeros con una buena directividad de antena y un comportamiento más que suficiente para la mayoría de las aplicaciones operacionales de radionavegación, que no es posible obtener a frecuencias más bajas debido a la propagación o a otras razones. Para su utilización en modo de medición de alturas esta banda de frecuencias más elevada proporciona algunos beneficios en el diseño del sistema tales como un acoplamiento cruzado inferior y una ausencia de los efectos de triangulación, lo cual es especialmente importante para realizar mediciones precisas con separaciones métricas muy bajas. Para algunas aplicaciones operacionales supone la única solución técnica posible.

Los sistemas que emplean esas técnicas son ampliamente utilizados en algunas partes del mundo donde suponen una contribución muy importante a la seguridad en la navegación aérea. La medición de la altura, y del despejamiento del terreno, es uno de los parámetros más críticos en el vuelo de una aeronave. Cuando se utiliza en las etapas finales del aterrizaje, una alta precisión y un funcionamiento sin interferencias son características fundamentales para mejorar la seguridad.

Los RSMS se emplean fundamentalmente en operaciones a bajo nivel hasta una altura nominal de unos 1 500 m. En la gran mayoría de las aplicaciones se utiliza una antena que transmite y recibe de forma vertical. Para disminuir la dispersión y otros efectos indeseables se utiliza una reducción de potencia proporcional a la altura sobre el terreno.

4.1 Características de los RSMS

4.1.1 Transmisor

- Gama de frecuencias: 15,63-15,65 GHz
- Potencia de cresta: 30 dBmW
- Ganancia de antena: 13 dBi, lóbulos posteriores < 5 dBi
- Frecuencia de repetición de impulsos: 58 kHz
- Longitud del impulso (máxima): 500 ns
- Ciclo de trabajo (máximo): 3%
- Anchura de banda del impulso a 3,5 dB: 2 MHz.

4.1.2 Receptor

- Ganancia de antena: 13 dBi, lóbulos posteriores < 5 dBi
- Factor de ruido: 6 dB.

ANEXO 2

Criterios de protección para el servicio de radionavegación aeronáutica y posibilidad de compartición con los enlaces de conexión del SMS (Tierra-espacio) en la banda 15,4-15,7 GHz

1 Introducción

Un método básico para proteger los satélites no OSG de la interferencia inaceptable es establecer límites de p.i.r.e. máxima procedente de las estaciones de radionavegación aeronáutica y límites de p.i.r.e. mínima en las emisiones de las estaciones terrenas de enlaces de conexión.

Alternativamente, pueden establecerse únicamente límites de p.i.r.e máxima en las estaciones de radionavegación aeronáutica que definan el entorno de interferencia en el que puedan funcionar los enlaces de conexión. Esta alternativa parece más interesante debido a su mayor sencillez y a que permite la máxima flexibilidad en el diseño y explotación de los enlaces de conexión. Este método se considera en los puntos siguientes.

Cualquiera de estos métodos es un medio eficaz para eliminar la necesidad de coordinación, que no es conveniente en este caso.

2 Características de los sistemas de radionavegación aeronáutica

Se han identificado varios sistemas que funcionan en esta banda tales como los SBR, en tierra y en barcos, que se utilizan para la detección, localización y movimiento de aeronaves y de otros vehículos en otras zonas de aterrizaje de aeronaves; los ALS, los MPR y los RSMS. Los diagramas de antena de estos sistemas constituyen un elemento importante para determinar la p.i.r.e. en función del ángulo de elevación. Los diagramas de ganancia de la envolvente de antena y otras características pertinentes figuran en el Anexo 1.

3 Análisis

3.1 Interferencia impulsiva en las portadoras digitales

El Grupo de Tareas Especiales 4/4 de Radiocomunicaciones ha estudiado la interferencia causada por los radares a las portadoras digitales. Las mediciones se realizaron a lo largo de una amplia gama de frecuencias de repetición de impulsos (PRF) (1-100 kHz) y ciclos de trabajo, d , (0,01-100%) para velocidades de transmisión de datos de 2 Mbit/s a 45 Mbit/s en portadoras digitales con codificación por modulación por desplazamiento de fase cuaternaria (MDP-4) y corrección de errores en recepción (FEC) con relación 3/4 funcionando con una proporción de bits erróneos (BER) de 1×10^{-6} . Se ha elaborado una ecuación empírica a partir de los datos medidos

que puede utilizarse para relacionar la p.i.r.e. de cresta del radar de impulsos, E_p , con una p.i.r.e. efectiva, E_{ef} ; es decir, la p.i.r.e. que provocaría el mismo nivel de interferencia (véase la Recomendación UIT-R S.1068). La p.i.r.e. media real, E_{ave} , es igual a la p.i.r.e. de cresta veces el ciclo de trabajo. En estas condiciones, la ecuación empírica es:

$$E_{ef} = E_p - 15 \log (1 + 0,5(PRF/d)) \quad \text{dBW} \quad (1)$$

expresándose PRF en kHz y d en porcentaje.

Como la anchura del impulso, PW , es igual a (d/PRF) , la ecuación (1) puede escribirse de la forma siguiente:

$$E_{ef} = E_e - 15 \log (1 + 5/PW) \quad \text{dBW} \quad (2)$$

estando PW en μ s.

Con una función de densidad espectral de potencia de la forma $[(\sin x)/x]^2$ la densidad de potencia de cresta es aproximadamente 3,5 dB mayor que la densidad de potencia promediada a lo largo de una anchura de banda de $(2/PW)$. La anchura de banda a 3,5 dB (BW) (MHz) es aproximadamente $(1/PW)$. Teniendo esto en cuenta, la densidad de p.i.r.e. efectiva (E_{ef} /MHz) para las anchuras de banda de portadora del enlace de conexión (BW) (MHz) que son inferiores a $(1/PW)$ es:

$$E_{ef}/\text{MHz} = E_p - 10 \log (2/PW) + 3,5 - 15 \log (1 + 5/PW) \quad \text{dBW} \quad (3)$$

y para (BW) igual o mayor a $(1/PW)$, la (E_{ef} /MHz) promediada a lo largo de (BW) es:

$$E_{ef}/\text{MHz} = E_p - 10 \log (2/PW) + 3,5 - 15 \log (1 + 5/PW) - 10 \log [(BW) (PW)] \quad \text{dBW} \quad (4)$$

3.2 Límites de emisión en las estaciones de radionavegación aeronáutica

Los SBR pueden acomodarse en la banda 15,63-15,7 GHz. Desplazando la banda 15,45-15,65 GHz a 15,43-15,63 GHz, no es preciso considerar la interferencia causada a los enlaces de conexión en sentido Tierra-espacio.

El espacio fundamental de funcionamiento de los MPR es sobre los océanos. En la mayoría de los casos, los radares se encuentran más allá de la distancia de coordinación de las estaciones terrenas de enlaces de conexión, por lo que no es precisa la coordinación con dichas estaciones. En consecuencia, el funcionamiento de los MPR en la banda 15,4-15,7 GHz podría permitirse aún cuando existiesen limitaciones geográficas (véase el Anexo 3). Los RSMS normalmente funcionan en la banda 15,4-15,7 GHz y se pueden aplicar también restricciones geográficas.

Los valores de los parámetros en las ecuaciones (2), (3) y (4) para los sistemas de radionavegación aeronáutica ALS, MPR y RSMS figuran en el Anexo 1 junto con las funciones de ganancia de la envolvente de antena. Con esta información pueden calcularse los valores de E_{ef} en función del ángulo de elevación. La p.i.r.e. de cresta y la anchura del impulso están limitadas por las ecuaciones (2), (3) y (4). El ángulo de elevación, ϕ , se expresa en grados.

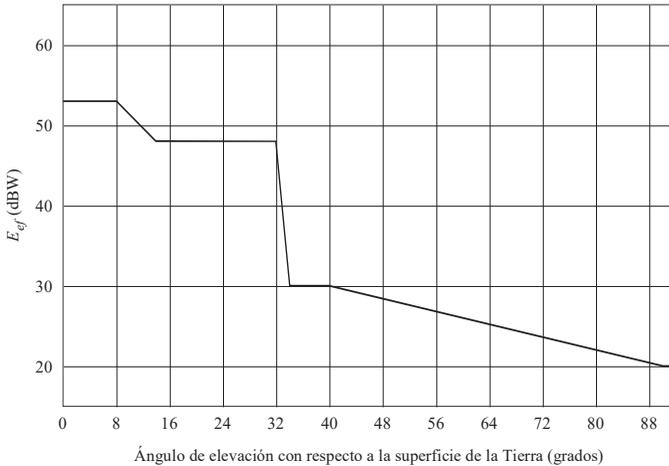
3.2.1 Límites de E_{ef} en los ALS

Para anchuras de banda de portadora de los enlaces de conexión superiores a 3 MHz:

$$E_{ef} = \begin{cases} 53 & \text{dBW} & \text{para } 0 \leq \varphi < 8 \\ 53 - 0,833 (\varphi - 8) & \text{dBW} & \text{para } 8 \leq \varphi < 14 \\ 48 & \text{dBW} & \text{para } 14 \leq \varphi < 32 \\ 48 - 9 (\varphi - 32) & \text{dBW} & \text{para } 32 \leq \varphi < 34 \\ 30 & \text{dBW} & \text{para } 34 \leq \varphi < 40 \\ 30 - 0,2 (\varphi - 40) & \text{dBW} & \text{para } 40 \leq \varphi \leq 90 \end{cases}$$

Esta función se representa en la Fig. 1.

FIGURA 1
Límites de p.i.r.e. efectiva, E_{ef} , en los ALS



1340-01

3.2.2 Límites de E_{ef} en los radares multiobjetivo a bordo de aeronaves

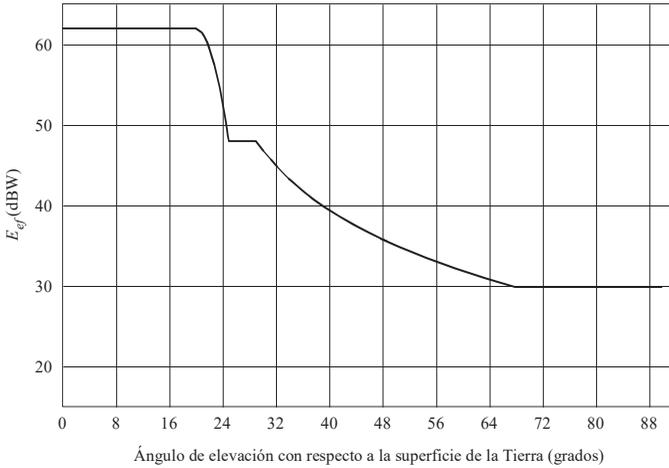
Para anchura de banda de portadora de los enlaces de conexión superiores a 1 MHz:

$$E_{ef} = \begin{cases} 62 & \text{dBW} & \text{para } 0 \leq \varphi < 20 \\ 62 - 0,56 (\varphi - 20)^2 & \text{dBW} & \text{para } 20 \leq \varphi < 25 \\ 48 & \text{dBW} & \text{para } 25 \leq \varphi < 29 \\ 71,86 - 25 \log (\varphi - 20) & \text{dBW} & \text{para } 29 \leq \varphi < 68 \\ 29,8 & \text{dBW} & \text{para } 68 \leq \varphi \leq 90 \end{cases}$$

Esta función se representa en la Fig. 2.

En el caso de los sistemas de detección y medición por radar, E_{ef} , es de $-13,1$ dBW con ángulos de elevación mayores de 0° .

FIGURA 2
Límites de p.i.r.e. efectiva, E_{ef} , en los MPR



1340-02

3.3 Influencia sobre la p.i.r.e. en el trayecto ascendente del enlace de conexión

La protección contra la interferencia en el trayecto ascendente debida a las estaciones de radionavegación aeronáutica puede lograrse proporcionando un valor adecuado a la p.i.r.e. del enlace ascendente de la estación terrena.

Para el caso de interferencia a una portadora MDP-4 con FEC de relación 3/4, la relación portadora/interferencia, C/I , para una BER de 1×10^{-6} fue aproximadamente 9 dB en las mediciones descritas en el § 3.1. Esta relación, C/I , se produce cuando la interferencia procedente de otras fuentes no es significativa. Debido al reducido porcentaje de tiempo durante el cual una estación de radionavegación está funcionando y el contorno de -3 dB de su antena está en conjunción con un satélite, se supone que puede tolerarse una relación, C/I , de 9 dB durante este pequeño porcentaje de tiempo. Para una portadora MDP-4 sin codificar el valor de la relación, C/I , es de unos 12 dB.

La p.i.r.e. del enlace ascendente necesaria para superar estas envolventes de interferencia en función de la anchura de banda de portadora del enlace de conexión puede calcularse suponiendo que en un instante determinado sólo puede aparecer una fuente interferente de un tipo. Por regla general, pueden necesitarse unos valores de p.i.r.e. en la gama de 60 a 70 dBW.

4 Resumen

- Los límites de p.i.r.e. equivalente indicados en el § 3.2 son coherentes con el funcionamiento de los actuales sistemas de radionavegación aeronáutica.
- La especificación del entorno de interferencia máxima que deben aceptar los enlaces de conexión del SMS permite a los diseñadores y operadores de los enlaces de conexión una máxima flexibilidad a la hora de satisfacer sus requisitos de servicio y elimina la necesidad de especificar las altitudes de la órbita, los diagramas de la antena del satélite, etc., que pueden intervenir en la especificación de las p.i.r.e. mínimas.
- Las p.i.r.e. mínimas de la estación terrena de enlace de conexión necesarias para funcionar en el entorno de interferencia máxima indicado en el § 3.3 en el sentido Tierra-espacio pueden obtenerse fácilmente.

ANEXO 3

Distancias de coordinación entre estaciones terrenas de enlaces de conexión del SMS que funcionan en sentido Tierra-espacio y estaciones del servicio de radionavegación aeronáutica en la banda 15,4-15,7 GHz

1 Características del sistema de radionavegación aeronáutica

Se han identificado varios sistemas que funcionan en esta banda tales como los ALS y los MPR. En los siguientes puntos se indican las características y los análisis que deben realizarse para determinar las distancias umbrales de coordinación.

2 Distancias de coordinación

2.1 Análisis

La distancia de coordinación, D_c , necesaria para asegurar la protección de las estaciones del servicio de radionavegación aeronáutica contra la interferencia provocada por las estaciones terrenas de enlaces de conexión del SMS se calcula de la forma siguiente:

$$D_c = D_{fsl} + D_{oth} + D_{as} \quad \text{km} \quad (5)$$

siendo:

D_{fsl} : distancia de visibilidad directa radioeléctrica total (km)

D_{oth} : distancia sobre el horizonte correspondiente a las pérdidas sobre el horizonte necesarias (km)

D_{as} : distancia de la aeronave a la superficie de aterrizaje (km) (se aplica a los ALS y a los RSMS)

$$D_{fsl} = (2r h_1)^{0,5} + (2r h_2)^{0,5} \quad \text{km} \quad (6)$$

siendo:

r : radio de la Tierra considerado como 4/3 del radio geométrico para tener en cuenta la refracción atmosférica (8 500 km)

h_1 : altura de la estación del servicio de radionavegación aeronáutica (km)

h_2 : altura de la estación terrena de enlace de conexión (km)

$$L_{oth} = E_{esd} + 168,6 - L_{fsl} + G/T - I/N \quad \text{dB} \quad (7)$$

siendo:

L_{oth} : pérdida sobre el horizonte añadida a L_{fsl} (dB). (Esta función se muestra a continuación y en la Fig. 1 obtenida de las funciones del 5% para 15 GHz de la Recomendación UIT-R P.528; es decir, pérdidas rebasadas durante el 95% del tiempo)

E_{esd} : máxima densidad de p.i.r.e. de la estación terrena de enlace de conexión hacia el horizonte (se toma un valor de 54 dB(W/MHz))

L_{fsl} : pérdidas en el espacio libre calculadas para D_{fsl} (dB)

G/T : relación ganancia/temperatura de ruido de la estación del servicio de radionavegación aeronáutica (dB)

I/N : relación interferencia/ruido aceptable de la estación del servicio de radionavegación aeronáutica (dB).

Los valores de L_{oth} en función de D_{oth} son los que figuran en el Cuadro 1.

CUADRO 1

D_{oth} (km)	L_{oth} (dB)	D_{oth} (km)	L_{oth} (dB)	D_{oth} (km)	L_{oth} (dB)
0	0	175	78	350	104
25	24	200	82	375	107
50	45	225	86	400	110
75	57	250	90	425	113
100	64	275	94	450	116
125	69	300	98	475	118
150	74	325	101	500	120

Los valores de D_{oth} para otros valores de L_{oth} que no aparezcan en la lista anterior se determinan mediante la siguiente extrapolación:

$$D_{oth} = D_{ith} + 25[(L_{oth} - L_{ith})/(L_{jth} - L_{ith})] \quad \text{km} \quad (8)$$

siendo:

L_{ith} : siguiente valor más bajo de L_{oth} , en el Cuadro 1, determinado mediante la ecuación (7)

L_{jth} : siguiente valor más alto de L_{oth} , en el Cuadro 1, determinado mediante la ecuación (7).

2.2 Cálculo de las distancias de coordinación

A partir de las ecuaciones y de los métodos de cálculo, así como de algunos valores de los parámetros indicados en el § 2.1 y del resto de los valores de los parámetros necesarios, se han obtenido los siguientes valores de las distancias de coordinación que figuran en el Cuadro 2:

CUADRO 2

Parámetro	ALS	MPR	RSMS
h_1 (km)	7,6	15	1,5
h_2 (km)	0,01	0,01	0,01
D_{fsl} (km)	372	518	172,7
D_{as} (km)	100	0	40
L_{fsl} (dB)	167,7	170,6	160,9
G/T (dB)	-22,7	-2,0	-24,4
I/N (dB)	-10	-10	-10
L_{oth} (dB)	42,2	60	47,3
D_{oth} (km)	46,7	85,7	54,8
D_c (km)	518,7	603,7	267,5

Para los MPR puede utilizarse una distancia de coordinación de 600 km. El modo de funcionamiento dominante de los MPR es sobre zonas oceánicas y en la mayoría de los casos se encuentran a más de 600 km de las estaciones terrenas de enlace de conexión, lo que hará innecesaria la coordinación. Si las estaciones terrenas de enlaces de conexión están situadas tierra adentro, las zonas de funcionamiento sobre los océanos se amplían.

2.3 Reducción de los límites de la estación terrena

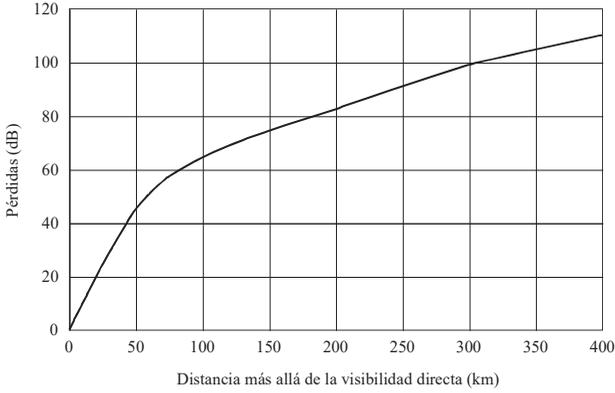
Reduciendo el límite máximo de densidad de p.i.r.e. hacia el horizonte de la estación terrena de enlace de conexión disminuye la distancia de coordinación. Utilizando la función de la Fig. 3, pueden determinarse las distancias de coordinación en función de E_{esd} , que figuran en el Cuadro 3:

CUADRO 3

E_{esd} (dB(W/MHz))	ALS (km)	MPR (km)	RSMS (km)
54	519	604	268
44	507	573	254
34	495	561	242
24	485	549	231

Es evidente que las distancias de coordinación para los ALS, los MPR y los RSMS cuando la distancia es muy superior a la de visibilidad directa no dependen de la densidad de p.i.r.e. radiada hacia el horizonte.

FIGURA 3
Pérdidas añadidas a las pérdidas en el espacio libre con visibilidad directa



1340-03

3 Resumen

- Los valores máximos de las emisiones procedentes de una estación terrena de enlace de conexión en el plano horizontal local deben limitarse a 54 dB(W/MHz).
- Con este límite se necesita una distancia de coordinación de unos 515 km para proteger a las estaciones de los ALS que funcionan en el servicio de radionavegación aeronáutica contra la interferencia inaceptable causada por las emisiones de las estaciones terrenas de enlaces de conexión. La distancia para los MPR es de unos 600 km y para los RSMS de 270 km.
- La distancia de coordinación para los ALS, los MPR y los RSMS no disminuye significativamente reduciendo el valor máximo de las emisiones admisibles procedentes de las estaciones terrenas de enlaces de conexión.

El método anterior puede utilizarse junto con otras técnicas de reducción para minimizar las distancias de separación durante la coordinación.

4 Medidas para disminuir la distancia de separación dentro de la distancia de coordinación

Deben tenerse en cuenta las siguientes consideraciones cuando es necesario situar una estación terrena de enlace de conexión que funcione en el sentido Tierra-espacio dentro de la distancia de coordinación:

- Normalmente las estaciones terrenas de enlaces de conexión tendrán anchuras de haz de antena inferiores a 1° y funcionarán con ángulos de elevación superiores a 5° . De esa forma se reducirá la p.i.r.e. hacia la estación de radionavegación aeronáutica y, por consiguiente, la distancia de separación.
- Si los límites de exploración horizontal del ALS no incluyen el acimut hacia la estación terrena de enlace de conexión, el espacio aéreo para dicho sistema no está alineado con la citada estación, lo cual podría reducir la distancia de separación en un valor de hasta 100 km.
- Puede considerarse que el emplazamiento geográfico de la estación terrena en el enlace de conexión aprovecha el bloqueo natural que ofrece el terreno, lo cual aumentará las pérdidas de propagación en el trayecto.
- Se utiliza un cerco específicamente construido alrededor de la antena o antenas de la estación terrena de enlace de conexión para proporcionar aislamiento adicional hacia la estación de radionavegación aeronáutica.
- Cualquier discriminación de antena de aeronave que exista cuando ésta se encuentre en el espacio aéreo del sistema de aterrizaje de aeronaves y esté utilizándole.

RECOMENDACIÓN UIT-R S.1428-1

**Diagramas de radiación de referencia de estación terrena del SFS
para su utilización en la evaluación de interferencias relativas
a satélites no OSG en las bandas de frecuencias
entre 10,7 GHz y 30 GHz**

(Cuestión UIT-R 42/4)

(2000-2001)

La Asamblea de Radiocomunicaciones de la UIT,

considerando

- a) que para las antenas de estación terrena en el servicio fijo por satélite (SFS) la Recomendación UIT-R S.465 presenta un diagrama de radiación de antena de referencia constituido por la envolvente de los valores máximos de lóbulos laterales;
- b) que son necesarios diagramas de referencia de antena con envolvente de cresta para los cálculos de interferencias que implican a un receptor no móvil y a una fuente de interferencia única no móvil para asegurar que se considera el caso más desfavorable, y que en el SFS predominaron estas circunstancias en el pasado;
- c) que en los casos en que existen múltiples fuentes interferentes o receptores cuyas posiciones varían sustancialmente con el tiempo, el nivel de interferencia recibido depende inevitablemente tanto de los nulos como de las crestas del diagrama de ganancia del lóbulo lateral de la antena del receptor interferido o de la fuente de interferencia, respectivamente, y que la aparición de estas circunstancias está aumentando rápidamente en el SFS;
- d) que para estaciones terrenas del SFS se necesita un diagrama de radiación de antena de referencia adecuado para su utilización en cálculos de interferencia provenientes de fuentes o de receptores en movimiento;
- e) que para facilitar la utilización en simulaciones de interferencia por ordenador, el diagrama de antena de referencia debe cubrir todos los ángulos a partir del eje desde 0° hasta $\pm 180^\circ$, en todos los planos que incluyen el eje principal;
- f) que el diagrama de antena de referencia debe estar de acuerdo tanto con la teoría de antenas como con los resultados de mediciones en una gama de antenas de estación terrena del SFS tan amplia como sea posible;
- g) que podría ser adecuado establecer diferentes diagramas de antena de referencia para diferentes gamas de D/λ y para diferentes bandas de frecuencias del SFS;
- h) que, para fines de especificación de las características de antena, son adecuados los diagramas de referencia de envolvente de cresta de la Recomendación UIT-R S.580;
- j) que al utilizar el diagrama de antena de referencia se deben obtener niveles de interferencia que deberían ser representativos de los recibidos por antenas que cumplen las Recomendaciones UIT-R pertinentes sobre diagramas de antena,

recomienda

1 que para los cálculos de interferencias en el SFS que implican fuentes interferentes y/o receptores en movimiento, se utilice el siguiente diagrama de radiación de antena de referencia para la estación terrena:

Para $20 \leq \frac{D}{\lambda} \leq 25$:

$$G(\varphi) = G_{m\acute{a}x} - 2,5 \times 10^{-3} \left(\frac{D}{\lambda} \varphi \right)^2 \quad \text{dBi} \quad \text{para } 0 < \varphi < \varphi_m$$

$$G(\varphi) = G_1 \quad \text{para } \varphi_m \leq \varphi < \left(95 \frac{\lambda}{D} \right)$$

$$G(\varphi) = 29 - 25 \log \varphi \quad \text{dBi} \quad \text{para } 95 \frac{\lambda}{D} \leq \varphi < 33,1^\circ$$

$$G(\varphi) = -9 \quad \text{dBi} \quad \text{para } 33,1^\circ < \varphi \leq 80^\circ$$

$$G(\varphi) = -5 \quad \text{dBi} \quad \text{para } 80^\circ < \varphi \leq 180^\circ$$

Para $25 < \frac{D}{\lambda} \leq 100$:

$$G(\varphi) = G_{m\acute{a}x} - 2,5 \times 10^{-3} \left(\frac{D}{\lambda} \varphi \right)^2 \quad \text{dBi} \quad \text{para } 0 < \varphi < \varphi_m$$

$$G(\varphi) = G_1 \quad \text{para } \varphi_m \leq \varphi < \left(95 \frac{\lambda}{D} \right)$$

$$G(\varphi) = 29 - 25 \log \varphi \quad \text{dBi} \quad \text{para } 95 \frac{\lambda}{D} \leq \varphi \leq 33,1^\circ$$

$$G(\varphi) = -9 \quad \text{dBi} \quad \text{para } 33,1^\circ < \varphi \leq 80^\circ$$

$$G(\varphi) = -4 \quad \text{dBi} \quad \text{para } 80^\circ < \varphi \leq 120^\circ$$

$$G(\varphi) = -9 \quad \text{dBi} \quad \text{para } 120^\circ < \varphi \leq 180^\circ$$

donde:

D : diámetro de antena

λ : longitud de onda expresados en la misma unidad*

φ : ángulo a partir del eje de la antena (grados)

$$G_{m\acute{a}x} = 20 \log \left(\frac{D}{\lambda} \right) + 7,7 \quad \text{dBi}$$

$$G_1 = 29 - 25 \log \left(95 \frac{\lambda}{D} \right)$$

$$\varphi_m = \frac{20 \lambda}{D} \sqrt{G_{m\acute{a}x} - G_1} \quad \text{grados}$$

* D es el diámetro equivalente para antenas no simétricas.

Para $\frac{D}{\lambda} > 100$:

$G(\varphi) = G_{m\acute{a}x} - 2,5 \times 10^{-3} \left(\frac{D}{\lambda} \varphi\right)^2$	dBi	para $0 < \varphi < \varphi_m$
$G(\varphi) = G_1$		para $\varphi_m \leq \varphi < \varphi_r$
$G(\varphi) = 29 - 25 \log \varphi$	dBi	para $\varphi_r \leq \varphi < 10^\circ$
$G(\varphi) = 34 - 30 \log \varphi$	dBi	para $10^\circ \leq \varphi < 34,1^\circ$
$G(\varphi) = -12$	dBi	para $34,1^\circ \leq \varphi < 80^\circ$
$G(\varphi) = -7$	dBi	para $80^\circ \leq \varphi < 120^\circ$
$G(\varphi) = -12$	dBi	para $120^\circ \leq \varphi \leq 180^\circ$

donde:

$$G_{m\acute{a}x} = 20 \log \left(\frac{D}{\lambda}\right) + 8,4 \quad \text{dBi}$$

$$G_1 = -1 + 15 \log \frac{D}{\lambda} \quad \text{dBi}$$

$$\varphi_m = \frac{20 \lambda}{D} \sqrt{G_{m\acute{a}x} - G_1} \quad \text{grados}$$

$$\varphi_r = 15,85 \left(\frac{D}{\lambda}\right)^{-0,6} \quad \text{grados}$$

NOTA 1 – Para fines de cálculo o de simulación por ordenador de la potencia total a la salida de la antena, producida por múltiples fuentes interferentes en distintas polarizaciones, se supone que la contribución de los componentes contrapolares es despreciable, para ángulos a partir del eje de hasta 30° y en las zonas de desbordamiento de hasta 120°. Fuera de estas zonas angulares, aunque una antena parabólica tiene una discriminación de polarización muy pequeña, para los fines de cálculos de interferencia no OSG/OSG se puede ignorar la contribución de los componentes contrapolares.

NOTA 2 – Esta Recomendación se basa en estudios de una gama de antenas parabólicas. Se necesitan más estudios sobre la aplicabilidad de los diagramas de referencia recomendados para antenas de formaciones planas.

NOTA 3 – Esta Recomendación puede necesitar revisiones en el futuro cuando se disponga de datos sobre las características de antena medidas en la gama de 20/30 GHz.

NOTA 4 – En esta Recomendación, el empleo de la expresión en movimiento aplicada a una estación terrena de SFS indica una estación terrena del SFS con seguimiento y no una estación terrena móvil.

RECOMENDACIÓN UIT-R BO.1443-3

Diagramas de antena de referencia de estación terrena del servicio de radiodifusión por satélite para utilizar en la evaluación de la interferencia entre satélites no geoestacionarios en las bandas de frecuencias incluidas en el Apéndice 30 del RR*

(Cuestión UIT-R 280/4)

(2000-2002-2006-2013)

Cometido

La finalidad de esta Recomendación es describir los diagramas de radiación de antena de estación terrena de referencia tridimensionales para el servicio de radiodifusión por satélite (SRS) que se pueden utilizar a fin de calcular la interferencia causada por los satélites del SFS no OSG a las antenas de estación terrena del SRS.

Palabras clave

Diagrama de ganancia, OSG, SRS.

Abreviaturas y glosario

El diagrama de ganancia se define como:

$$\text{Ganancia} = G(\varphi, \theta)$$

donde:

φ : ángulo de la antena respecto al eje de puntería (grados)

θ : ángulo plano de la antena (grados) (el 0° de acimut es el plano horizontal).

Recomendaciones e Informes de la UIT relacionados

Recomendación UIT-R S.672-4	Diagramas de radiación de antenas de satélite para utilizar como objetivo de diseño en el servicio fijo por satélite que emplea satélites geoestacionarios
Recomendación UIT-R S.1428-1	Diagramas de radiación de referencia de estación terrena del SFS para su utilización en la evaluación de interferencias relativas a satélites no OSG en las bandas de frecuencias entre 10,7 GHz y 30 GHz
Recomendación UIT-R S.1503-1	Descripción funcional que ha de utilizarse en el desarrollo de herramientas para determinar la conformidad de redes de satélites no geoestacionarios del servicio fijo por satélite con los límites contenidos en el Artículo 22 del Reglamento de Radiocomunicaciones

* La base de los diagramas contenidos en esta Recomendación, incluida la metodología para analizar y representar gráficamente los datos que miden la precisión de la concordancia entre el conjunto de datos y el diagrama recomendado, figura en el Informe UIT-R BO.2029 – Mediciones de diagramas de antenas de estación terrena del servicio de radiodifusión por satélite y análisis conexos. Este Informe junto con el conjunto de datos en bruto y las hojas de cálculo utilizados para llevar a cabo el análisis gráfico aparecen en un CD-ROM disponible en la UIT.

La Asamblea de Radiocomunicaciones de la UIT,

considerando

- a) que en relación con las antenas de estación terrena del servicio de radiodifusión por satélite (SRS) se utilizaron los diagramas de radiación de antena de referencia para antenas receptoras del SRS OSG del Anexo 5 al Apéndice 30 del RR a fin de desarrollar los Planes del SRS y prescribir un diagrama de radiación de referencia que representase una envolvente de los lóbulos laterales;
- b) que dichos diagramas de radiación de referencia son necesarios para los cálculos de la interferencia entre receptores fijos o portátiles del SRS y los satélites OSG, a fin de asegurar una protección adecuada de los Planes del SRS;
- c) que en las circunstancias en las que hay múltiples fuentes interferentes cuyas posiciones varían sustancialmente en el tiempo, el nivel de la interferencia recibida depende inevitablemente de las crestas y los valles del diagrama de ganancia de la antena de la estación terrena del SRS que sufre la interferencia;
- d) que en el caso de las estaciones terrenas del SRS, se necesitan diagramas de radiación de referencia adecuados para utilizar en la evaluación de la interferencia procedente de los sistemas del SFS no OSG;
- e) que para facilitar las simulaciones por computador de la interferencia, los diagramas de referencia deben abarcar ángulos respecto al eje comprendidos entre 0° y $\pm 180^\circ$ en todos los planos;
- f) que los diagramas de referencia deben ser coherentes con los resultados de las mediciones en una amplia gama de antenas de estación terrena del SRS de consumo;
- g) que conviene establecer distintos diagramas de referencia para las diferentes gamas de tamaños de antena;
- h) que los diagramas deben tener características que pueden ser importantes al establecer modelos de la interferencia no OSG, por ejemplo, en el caso de pequeñas antenas con alimentación descentrada,

recomienda

- 1 que para los cálculos de la interferencia causada por los satélites del SFS no OSG en las antenas de estación terrena del SRS, se utilicen los diagramas de radiación de antena de estación terrena de referencia descritos en el Anexo 1;
- 2 que se utilice la metodología descrita en el Anexo 2 para convertir los ángulos de acimut y de elevación relativos del satélite no OSG que se investiga al mismo sistema de coordenadas que el utilizado para el diagrama de antena tridimensional;
- 3 que se consideren parte integrante de la presente Recomendación las siguientes Notas:

NOTA 1 – El diagrama de radiación de polarización cruzada puede tener importancia en los cálculos de la interferencia no OSG. Este tema requiere nuevos estudios.

NOTA 2 – Esta Recomendación se basa en mediciones y análisis de antenas de paraboloide. Si se desarrollan o se considera la utilización en el SRS de nuevas antenas de estación terrena, los diagramas de antena de referencia de esta Recomendación deben actualizarse en consecuencia.

Anexo 1

Diagramas de radiación de antena de referencia del SRS

Para $11 \leq D/\lambda \leq 25,5$

$$G(\varphi) = G_{m\acute{a}x} - 2,5 \times 10^{-3} \left(\frac{D\varphi}{\lambda} \right)^2 \quad \text{para } 0 \leq \varphi < \varphi_m$$

$$G(\varphi) = G_1 \quad \text{para } \varphi_m \leq \varphi < 95\lambda/D$$

$$G(\varphi) = 29 - 25 \log(\varphi) \quad \text{para } 95\lambda/D \leq \varphi < 36,3^\circ$$

$$G(\varphi) = -10 \quad \text{para } 36,3^\circ \leq \varphi < 50^\circ$$

Para $56,25^\circ \leq \theta < 123,75^\circ$

$$G(\varphi) = M_1 \cdot \log(\varphi) - b_1 \quad \text{para } 50^\circ \leq \varphi < 90^\circ$$

$$G(\varphi) = M_2 \cdot \log(\varphi) - b_2 \quad \text{para } 90^\circ \leq \varphi < 180^\circ$$

siendo:

$$M_1 = \frac{2 + 8 \cdot \text{sen}(\theta)}{\log\left(\frac{90}{50}\right)} \quad \text{y} \quad b_1 = M_1 \cdot \log(50) + 10$$

siendo:

$$M_2 = \frac{-9 - 8 \cdot \text{sen}(\theta)}{\log\left(\frac{180}{90}\right)} \quad \text{y} \quad b_2 = M_2 \cdot \log(180) + 17$$

Para $0^\circ \leq \theta < 56,25^\circ$ y $123,75^\circ \leq \theta < 180^\circ$

$$G(\varphi) = M_3 \cdot \log(\varphi) - b_3 \quad \text{para } 50^\circ \leq \varphi < 120^\circ$$

$$G(\varphi) = M_4 \cdot \log(\varphi) - b_4 \quad \text{para } 120^\circ \leq \varphi < 180^\circ$$

siendo:

$$M_3 = \frac{2 + 8 \cdot \text{sen}(\theta)}{\log\left(\frac{120}{50}\right)} \quad \text{y} \quad b_3 = M_3 \cdot \log(50) + 10$$

siendo:

$$M_4 = \frac{-9 - 8 \cdot \text{sen}(\theta)}{\log\left(\frac{180}{120}\right)} \quad \text{y} \quad b_4 = M_4 \cdot \log(180) + 17$$

Para $180^\circ \leq \theta < 360^\circ$

$$G(\varphi) = M_5 \cdot \log(\varphi) - b_5 \quad \text{para } 50^\circ \leq \varphi < 120^\circ$$

$$G(\varphi) = M_6 \cdot \log(\varphi) - b_6 \quad \text{para } 120^\circ \leq \varphi < 180^\circ$$

siendo:

$$M_5 = \frac{2}{\log\left(\frac{120}{50}\right)} \quad \text{y} \quad b_5 = M_5 \cdot \log(50) + 10$$

siendo:

$$M_6 = \frac{-9}{\log\left(\frac{180}{120}\right)} \quad \text{y} \quad b_6 = M_6 \cdot \log(180) + 17$$

siendo:

D : diámetro de la antena

λ : longitud de onda expresada en la misma unidad que el diámetro

G : ganancia

φ : ángulo de la antena respecto al eje de puntería (grados)

θ : ángulo plano de la antena (grados) (el 0° de acimut es el plano horizontal).

$$G_{\text{máx}} = 20 \log\left(\frac{D}{\lambda}\right) + 8,1 \quad \text{dBi}$$

$$G_1 = 29 - 25 \log\left(95 \frac{\lambda}{D}\right) \quad \text{dBi}$$

$$\varphi_m = \frac{\lambda}{D} \sqrt{\frac{G_{\text{máx}} - G_1}{0,0025}} \quad \text{grados}$$

Para $25,5 < D/\lambda \leq 100$

$G(\varphi) = G_{\text{máx}} - 2,5 \times 10^{-3} (D\varphi/\lambda)^2$	dBi	para $0 < \varphi < \varphi_m$
$G(\varphi) = G_1$		para $\varphi_m \leq \varphi < (95\lambda/D)$
$G(\varphi) = 29 - 25 \log \varphi$	dBi	para $(95\lambda/D) \leq \varphi < 33,1^\circ$
$G(\varphi) = -9$	dBi	para $33,1^\circ < \varphi \leq 80^\circ$
$G(\varphi) = -4$	dBi	para $80^\circ < \varphi \leq 120^\circ$
$G(\varphi) = -9$	dBi	para $120^\circ < \varphi \leq 180^\circ$

siendo:

$$G_{\text{máx}} = 20 \log(D/\lambda) + 8,1 \quad \text{dBi}$$

$$G_1 = 29 - 25 \log(95\lambda/D) \quad \text{dBi}$$

$$\varphi_m = (\lambda/D) \sqrt{\frac{G_{\text{máx}} - G_1}{0,0025}}$$

Para $D/\lambda > 100$

$G(\varphi) = G_{\text{máx}} - 2,5 \times 10^{-3} (D\varphi/\lambda)^2$	dBi	para $0 < \varphi < \varphi_m$
$G(\varphi) = G_1$		para $\varphi_m \leq \varphi < \varphi_r$
$G(\varphi) = 29 - 25 \log \varphi$	dBi	para $\varphi_r \leq \varphi < 10^\circ$

$G(\varphi) = 34 - 30 \log \varphi$	dBi	para $10^\circ \leq \varphi < 34,1^\circ$
$G(\varphi) = -12$	dBi	para $34,1^\circ \leq \varphi < 80^\circ$
$G(\varphi) = -7$	dBi	para $80^\circ \leq \varphi < 120^\circ$
$G(\varphi) = -12$	dBi	para $120^\circ \leq \varphi < 180^\circ$

siendo:

$$G_{m\acute{a}x} = 20 \log (D/\lambda) + 8,1 \quad \text{dBi}$$

$$G_1 = -1 + 15 \log (D/\lambda) \quad \text{dBi}$$

$$\varphi_m = (\lambda/D) \sqrt{\frac{G_{m\acute{a}x} - G_1}{0,0025}}$$

$$\varphi_r = 15,85 (D/\lambda)^{-0,6} \quad \text{grados}$$

Anexo 2

Conversiones geométricas para utilizar con el modelo de antena tridimensional

Definición de θ

θ se define como el ángulo con relación al plano del satélite no OSG relativo al plano de grado cero del modelo de antena (correspondiente a un sistema normalizado con alimentación descentrada y montaje modular). Según se observa por la estación terrena, la línea $\theta = 0$ se encuentra a la derecha, y θ aumenta en sentido contrario a las agujas del reloj.

Método de cálculo

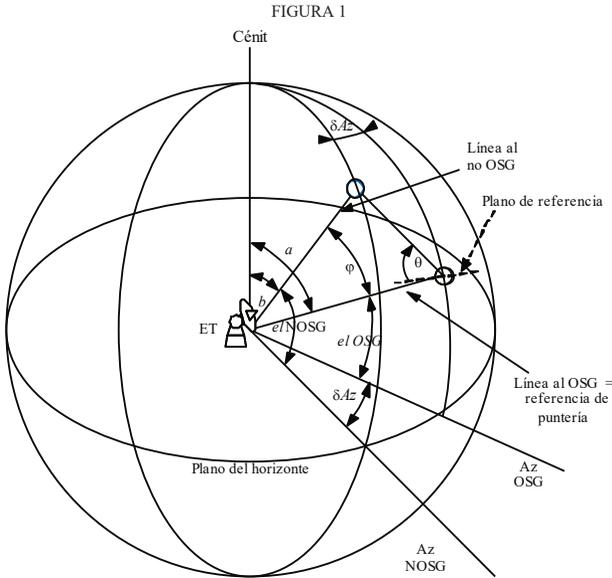
En la Fig. 1 se muestra un método geométrico para calcular el ángulo θ con respecto al plano. Todos los cálculos se indican utilizando grados, aunque normalmente éstos deben convertirse a radianes cuando se calculan valores trigonométricos.

Insumos

Satélite OSG	(az, el)
Satélite no OSG	(az, el)

NOTA 1 – Lo que se necesita es la diferencia en acimut, de modo que si se dispone de ésta no se necesitarán los acimutes reales.

En la siguiente sección se muestra cómo calcular estos parámetros a partir de los vectores de cada estación.



BO.1443-01

A partir de la Figura 1:

$$a = 90 - el_{OSG}$$

$$b = 90 - el_{noOSG}$$

$$\delta Az = Az_{noOSG} - Az_{OSG}$$

δAz debería fijarse de modo que esté en la gama $\{-180 \text{ a } +180\}$

Entonces el ángulo ϕ con respecto al eje (ángulo de separación topocéntrica entre los satélites) puede calcularse utilizando la fórmula de geometría esférica:

$$\cos(c) = \cos(a)\cos(b) + \text{sen}(a)\text{sen}(b)\cos(C)$$

siendo $C = \delta Az$ y $c = \phi$.

La misma fórmula puede utilizarse para definir un ángulo B :

$$\cos(B) = \frac{\cos(b) - \cos(c)\cos(a)}{\text{sen}(c)\text{sen}(a)}$$

a partir del cual puede calcularse el ángulo θ con respecto al plano:

$$\text{si } (\delta Az > 0 \text{ y } B < 90) \quad \theta = 90 - B$$

$$\text{si } (\delta Az > 0 \text{ y } B > 90) \quad \theta = 450 - B$$

$$\text{si } (\delta Az < 0) \quad \theta = 90 + B$$

En caso de que ambos satélites tengan el mismo acimut y por lo tanto $\delta Az = 0$, entonces

$$\varphi = |el_{OSG} - el_{NOSG}|$$

si $el_{OSG} > el_{NOSG}$ $\theta = 270$

o bien $\theta = 90$

Datos de ejemplo

Para las siguientes posiciones:

Estación	Latitud (grados)	Longitud (grados)	Altura (km)
Estación terrena (ET)	10	20	0
sat OSG	0	30	35 786,055
sat no OSG	0	-5	1 469,200

Entonces pueden calcularse los siguientes az/els para la ET (con respecto al horizonte de la ET y el sentido Norte):

Estación	Acimut (grados)	Elevación (grados)
sat OSG	134,5615	73,4200
sat no OSG	-110,4248	10,0300

Por consiguiente, los ángulos con respecto al eje y con respecto al plano son:

Estación	φ (con respecto al eje) (grados)	θ (con respecto al plano) (grados)
sat no OSG	87,2425	26,69746

Cálculo del acimut y la elevación

Puede utilizarse lo siguiente para calcular el acimut y la elevación a partir de los vectores de que se trata.

Siendo:

Vector de posición de la ET: r_G

Vector de posición del satélite OSG: r_S

Vector de posición del satélite no OSG: r_N

Entonces se crea:

Vector de ET al OSG $r_{GS} = r_S - r_G$

Vector de ET al no OSG $r_{GN} = r_N - r_G$

Un vector unitario del vector de posición de ET \hat{r}_G

Entonces los ángulos de elevación son:

$$el_S = 90 - \angle(r_{GS}, r_G)$$

$$el_N = 90 - \angle(r_{GN}, r_G)$$

Para calcular la diferencia en acimut, conviértanse los vectores de ET a OSG/no OSG para que se encuentren en el plano horizontal que se halla perpendicular al vector del zenith, es decir:

$$r'_{GS} = r_{GS} - (\hat{r}_G \cdot r_{GS}) \hat{r}_G$$

$$r'_{GN} = r_{GN} - (\hat{r}_G \cdot r_{GN}) \hat{r}_G$$

Entonces:

$$\delta Az = \angle(r'_{GS}, r'_{GN})$$

El signo de δAz será igual al signo de la diferencia en longitud de los dos satélites.

RECOMENDACIÓN UIT-R RA.1513-2*

Niveles de las pérdidas de datos en las observaciones de radioastronomía y criterios sobre el porcentaje de tiempo como resultado de la degradación causada por la interferencia en las bandas de frecuencias atribuidas a título primario al servicio de radioastronomía

(2001-2003-2015)

Cometido

Esta Recomendación trata de los niveles de las pérdidas de datos en las observaciones de radioastronomía y de los criterios sobre el porcentaje de tiempo como resultado de la degradación causada por la interferencia en las bandas de frecuencias atribuidas a título primario al servicio de radioastronomía. Se incluyen estudios de compartición entre aplicaciones terrenales y espaciales, además de una amplia sección dedicada a la pérdida de datos causada por la interferencia impulsiva de baja intensidad.

La Asamblea de Radiocomunicaciones de la UIT,

considerando

- a)* que la investigación en radioastronomía depende de forma crucial de la capacidad de efectuar observaciones en límites extremos de sensibilidad y/o precisión, y que la utilización creciente del espectro radioeléctrico aumenta la posibilidad de crear interferencias perjudiciales para el servicio de radioastronomía (SRA);
- b)* que para algunas observaciones de radioastronomía, tales como las relacionadas con el paso de un cometa, un ocultamiento de la Luna o una explosión de supernova, conviene contar con una gran probabilidad de éxito, debido a la dificultad o la imposibilidad de repetir las;
- c)* que como la interferencia en radioastronomía puede ser el resultado de emisiones no deseadas procedentes de servicios en bandas adyacentes, próximas o relacionadas armónicamente, puede producirse la interferencia procedente de diversos servicios o sistemas en cualquier banda de la radioastronomía;
- d)* que es necesario compartir las dificultades para facilitar la utilización eficaz del espectro radioeléctrico;
- e)* que la compartición impone la utilización de técnicas de reducción y que se están desarrollando otras técnicas más avanzadas para permitir en el futuro una utilización más eficaz del espectro radioeléctrico;

* La Comisión de Estudio 7 de Radiocomunicaciones introdujo modificaciones redaccionales en esta Recomendación en 2017, de conformidad con la Resolución UIT-R 1.

- f) que la Recomendación UIT-R RA.769 indica niveles umbral de interferencia (suponiendo una ganancia de antena de 0 dBi) perjudiciales para el SRA para tiempos de integración de 2 000 s, pero que no se ha establecido un porcentaje de tiempo aceptable para la interferencia procedente de servicios con transmisiones distribuidas aleatoriamente en el tiempo y que pueden compartir una banda con el SRA, o que producen emisiones no deseadas que caen dentro de una banda de radioastronomía;
- g) que las administraciones pueden necesitar criterios para evaluar la interferencia entre el SRA y otros servicios en bandas compartidas, adyacentes, próximas o relacionadas armónicamente;
- h) que se han desarrollado métodos (por ejemplo, el método de Monte Carlo) para determinar la distancia de separación adecuada entre emplazamientos de radioastronomía y una acumulación de estaciones terrenas móviles, y que dichos métodos exigen la especificación de un porcentaje aceptable de tiempo durante el que la potencia combinada de interferencia rebasa los niveles umbral perjudiciales para el SRA;
- i) que los estudios sobre situaciones de compartición y la experiencia obtenida de una dilatada práctica han desembocado en valores de pérdidas de tiempo admisibles debidas a la degradación de la sensibilidad, en escalas temporales de una única observación, que se explican con más detalle en el Anexo 1,

recomienda

- 1 que, para la evaluación de la interferencia, se utilice un criterio del 5% de las pérdidas de datos combinadas en el SRA debidas a la interferencia procedente de todas las redes, en toda banda de frecuencias atribuida a título primario al SRA, señalando que se requieren nuevos estudios sobre el reparto entre las distintas redes;
- 2 que, para la evaluación de la interferencia, se utilice un criterio del 2% de pérdidas de datos en el SRA debidas a la interferencia procedente de toda red aislada, en cualquier banda de frecuencias que esté atribuida a título primario al SRA;
- 3 que el porcentaje de pérdidas de datos en bandas de frecuencias atribuidas a título primario al SRA se determine utilizando cualquiera de las siguientes opciones: 1) Recomendación UIT-R S.1586; 2) Recomendación UIT-R M.1583; o 3) el porcentaje de periodos de integración de 2 000 s en los que la d_{fp} media espectral en el radiotelescopio rebasa los niveles definidos (suponiendo una ganancia de antena de 0 dBi) en la Recomendación UIT-R RA.769, según convenga;
- 4 que los criterios descritos en el § 3.3.2 del Anexo 1 se utilicen para evaluar la interferencia en cualquier banda de frecuencias atribuida al SRA a título primario, causada por las emisiones no deseadas procedentes de cualquier sistema de satélites no OSG en antenas de radioastronomía.

Anexo 1

Pérdidas de datos debidas a la interferencia

ÍNDICE

		<i>Página</i>
1	Introducción.....	4
2	Pérdidas de datos y bloqueo espacial	5
3	Situaciones de compartición.....	6
3.1	Interferencia debida a condiciones variables de propagación	7
	3.1.1 Aplicaciones terrenales	7
	3.1.2 Aplicaciones basadas en el espacio.....	8
3.2	Compartición en la banda cuando la transmisión es variable en el tiempo y en el emplazamiento	8
	3.2.1 Aplicaciones terrenales	8
	3.2.2 Aplicaciones espaciales.....	8
	3.2.3 Aplicaciones espaciales de la radioastronomía	8
3.3	Emisiones no deseadas en una banda de frecuencias de radioastronomía cuando la transmisión es variable en el tiempo y/o la dirección de llegada	8
	3.3.1 Aplicaciones terrenales	8
	3.3.2 Aplicaciones espaciales.....	9
3.4	Medición de la pérdida de datos causada por una interferencia impulsiva de baja intensidad	11
	3.4.1 Método	12
	3.4.2 Efecto de los impulsos regulares.....	13
	3.4.3 impulsos de periodo largo	13
	3.4.4 Métodos de reducción de la interferencia	14
	3.4.5 Equivalencia entre impulsos rápidos y emisiones continuas	14
	3.4.6 Resumen.....	15
4	Conclusión.....	15

1 Introducción

Un parámetro importante en todos los servicios de radiocomunicación es el porcentaje de tiempo perdido a causa de la interferencia. Las administraciones pueden necesitar criterios cuantitativos referentes a las operaciones de radioastronomía con servicios activos que funcionan en la misma banda o en bandas adyacentes, próximas o relacionadas por armónicos. Por ejemplo, la Recomendación UIT-R M.1316 utiliza este porcentaje de pérdida temporal debido a la interferencia en el cálculo de la distancia de separación por defecto entre estaciones que funcionan en el SMS (Tierra-espacio) y un observatorio de radioastronomía, utilizando el método de Monte Carlo.

A efectos de comparación, el Cuadro 1 da los límites actuales de las pérdidas temporales acumuladas que toleran otros servicios «científicos».

CUADRO 1

Ejemplos de criterios de porcentaje de tiempo acumulado de pérdidas de datos que se utilizan en otros servicios científicos

Servicio de exploración de la Tierra por satélite (SETS) (sensores pasivos) (%) (Recomendación UIT-R SA.1029-2):	
– Sondeos atmosféricos 3-D	0,01
– Todos los demás sensores pasivos	1,0-5,0
Sistemas de transmisión de datos y mando del servicio de exploración de la Tierra por satélite y del servicio de meteorología por satélite (%) (Recomendación UIT-R SA.514-3)	0,1-1,0
SETS y MetSat con vehículos espaciales en la órbita geoestacionaria (%) (Recomendación UIT-R SA.1161-1)	0,0025-0,1
Sistemas de operaciones espaciales, S/N > 20 dB durante > 99% del tiempo (%) (Recomendación UIT-R SA.363-5)	1,0

Los radiotelescopios se diseñan para un funcionamiento continuo, siguiendo un calendario de programas de observación que solicitan los astrónomos. Por lo general, el acceso a los radiotelescopios se realiza de una forma competitiva, en la que las propuestas de investigación suelen rebasar el tiempo disponible del telescopio en un factor de 2-3. Prácticamente todas las instalaciones de radioastronomía funcionan con fondos públicos y deben utilizarse de forma muy eficaz. No obstante, no puede evitarse una cierta pérdida de tiempo de observación resultante del mantenimiento o de la mejora de los circuitos o los programas. La experiencia de muchos años de funcionamiento con instrumentación importante de una administración muestra que dichas pérdidas no deben rebasar el 5% del tiempo, por ejemplo, en una jornada de 8 h por semana. Las consideraciones en cuanto a la eficacia general y al coste de la explotación indican que las pérdidas temporales acumuladas adicionales debidas a la interferencia deben también limitarse a una cifra del 5%.

A fin de lograr los valores indicados en el Cuadro 1, cada uno de los servicios debe concebir sus sistemas y controlar sus operaciones teniendo en cuenta un porcentaje adecuado de estas cifras. La prudencia indica que debe atribuirse a cada uno de estos sistemas únicamente una parte del presupuesto de interferencia, dependiendo de factores relacionados con la situación real de atribución, tales como los de compartición de la banda y de potencial de interferencia debida a emisiones no deseadas procedentes de otros servicios.

Debe señalarse que el concepto de pérdida de datos combinada no está plenamente desarrollado en la actualidad. Los instrumentos de simulación, tales como el que se describe en la Recomendación UIT-R M.1316, permiten considerar el caso de la interferencia resultante de un solo sistema. También se están desarrollando otras metodologías para sistemas únicos. En este momento no hay un instrumento similar para el caso de pérdidas de datos combinadas resultantes de varios sistemas. Un método que tenga en cuenta las características de varios sistemas puede ser difícil de desarrollar. Una dificultad particular es el reparto de las pérdidas de datos combinadas entre los diversos sistemas. Se necesitan estudios adicionales sobre estos problemas.

La aparición de servicios de radiocomunicación que utilizan estaciones espaciales y estaciones situadas en plataformas a gran altitud exige la reevaluación de las medidas con las que se protege de la interferencia al SRA. La compartición con dichos servicios generalmente es imposible, si bien los posibles efectos negativos en el SRA causados por servicios en bandas próximas proceden de dos factores:

- a) emisiones no deseadas que caen en bandas atribuidas al SRA;
- b) intermodulación y faltas de linealidad de los sistemas de radiotelescopio debidas a señales intensas en bandas adyacentes.

Se supone que los operadores de satélites utilizarán todos los medios prácticos para reducir al mínimo las emisiones no deseadas y los radioastrónomos todos los métodos prácticos para minimizar la sensibilidad a las señales situadas en bandas adyacentes o próximas. No obstante, lo indicado en b) debe ser un aspecto importante al explotar sistemas en bandas adyacentes o próximas a las atribuidas al SRA.

2 Pérdidas de datos y bloqueo espacial

Siempre que se habla de pérdidas de datos en esta Recomendación, se refieren a datos que se han desechado porque estaban contaminados por interferencia combinada procedente de una o más fuentes y que excede los niveles de la Recomendación UIT-R RA.769, con las hipótesis allí indicadas. El término bloqueo se utiliza aquí para indicar direcciones de antena en las que el nivel de interferencia recibida rebasa los niveles considerados como interferencia perjudicial en la Recomendación UIT-R RA.769. En presencia de dicha interferencia, no pueden obtenerse, por lo general, datos útiles para la investigación en las fronteras del conocimiento. Las pérdidas de datos pueden ser debidas a una pérdida de parte de la banda de observación o de una parte del tiempo de observación, o debidas al bloqueo de una parte del espacio. Todas éstas pueden expresarse en forma de pérdida efectiva del tiempo de observación.

Tal como se indica en la Recomendación UIT-R RA.1031, muchas mediciones de radioastronomía pueden admitir interferencia de un servicio compartido que rebase los niveles indicados en la Recomendación UIT-R RA.769 durante el 2% del tiempo. Debe señalarse que dichas observaciones, que pueden admitir errores de medición mayores, representan observaciones tales como las de las fulguraciones radioeléctricas solares. Las observaciones significativas en radioastronomía son las que se traducen en nuevos conocimientos del fenómeno astronómico que exigen la realización de observaciones de objetos no estudiados previamente o la observación de objetos conocidos con mayor precisión. Ambos casos exigen observaciones con la sensibilidad máxima admisible. A medida que madura la radioastronomía, la utilidad de los datos cuya precisión esté limitada por la presencia de interferencia se reduce y es habitual que los astrónomos rechacen datos en los que haya alguna prueba de interferencia. Así pues, es una realidad práctica que la interferencia producida a cualquier nivel identificable se traduzca en una pérdida de los datos contaminados.

El contorno de 0 dBi del diagrama de las antenas grandes entre 2 GHz y unos 30 GHz definido en la Recomendación UIT-R SA.509 tiene un radio de 19° . Cuando un radiotelescopio apunta a menos de 19° de un transmisor, emitiendo en una banda de radioastronomía con el nivel definido en la Recomendación UIT-R RA.769, se produce la interferencia. Esto bloquea de forma efectiva la observación radioastronómica en una región angular del espacio de 19° . El bloqueo fraccional del espacio es la relación entre el bloqueo espacial (por encima del horizonte), que se ha definido anteriormente, y el ángulo sólido del hemisferio visible.

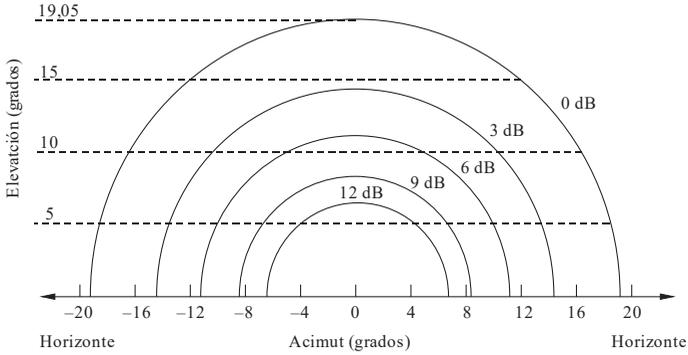
La Fig. 1 muestra el efecto de un transmisor ficticio sobre el horizonte en el origen de la escala acimutal que cumple el nivel de la dfp espectral de la Recomendación UIT-R RA.769 en una estación de radioastronomía. Los contornos de la Figura muestran el nivel de decibelios por el que la potencia recibida del transmisor rebasa el nivel perjudicial para la radioastronomía, en función del ángulo de puntería de la antena de radioastronomía. La transmisión recibida da lugar a interferencia perjudicial cuando se recibe en lóbulos laterales de la antena de radioastronomía cuya ganancia sea superior a 0 dBi. El Cuadro 2 muestra el porcentaje del espacio que recibe dicha interferencia perjudicial, para ángulos de puntería de la antena en elevaciones por encima de 5° . Como las antenas de radioastronomía no suelen apuntarse por debajo de 5° , ésta es la elevación mínima considerada. Para una fuente de interferencia por encima del ángulo de elevación de 19° (tal como la de un transmisor de aeronave o espacial) con la que la dfp espectral en una estación de radioastronomía cumple el nivel de la Recomendación UIT-R RA.769, una zona circular del espacio, con un radio de 19° centrado en la fuente de interferencia, se bloquea para la observación de radioastronomía a niveles útiles de sensibilidad. Esta zona subtende un ángulo sólido de 0,344 sr, lo que supone el 5,5% de 2π sr del espacio por encima del horizonte.

La aplicación del concepto de bloqueo espacial en un entorno no estacionario (por ejemplo, el de los sistemas de satélite no OSG o móviles) requiere estudios adicionales.

3 Situaciones de compartición

Al evaluar la interferencia es útil distinguir entre transmisiones de origen terrenal, especialmente en los casos en que no hay un trayecto de visibilidad directa, y las procedentes de aeronaves, plataformas situadas a gran altitud y transmisores basados en el espacio con visibilidad directa del radiotelescopio afectado. En relación con el porcentaje de tiempo de observación perdido, hay que distinguir entre la interferencia procedente de transmisores distantes debida a condiciones de propagación variables (es decir, que escapan al control humano) y la interferencia procedente de aplicaciones activas en las que la emisión es efectivamente aleatoria respecto al nivel de potencia y al ángulo de llegada en el radiotelescopio (véase el § 3.1).

FIGURA 1
 Efecto de una fuente de interferencia al nivel perjudicial para el SRA,
 en el horizonte para acimut cero



Las curvas muestran el nivel de decibelios por el que la interferencia recibida en el receptor de radioastronomía rebasa el nivel perjudicial para distintos ángulos de puntería de la antena de radioastronomía. Véase que las observaciones de radioastronomía suelen efectuarse con ángulos de puntería por encima de 5° de elevación.

RA.1513-01

CUADRO 2

Porcentaje del cielo en el que la interferencia recibida por encima del nivel perjudicial impide efectuar observaciones sensibles, en función de la puntería en elevación del radiotelescopio, para la fuente interferente de la Fig. 1

Elevación mínima (grados)	Bloqueo (%)
5	2,0
10	1,3
15	0,6
20	0

3.1 Interferencia debida a condiciones variables de propagación

3.1.1 Aplicaciones terrenales

En los casos en que la intensidad de la señal interferente varía como resultado de condiciones de propagación variables en el tiempo, debe especificarse un porcentaje de tiempo para los cálculos de la propagación. La Recomendación UIT-R RA.1031 da una cifra del 2%. No obstante, esto no conduce automáticamente a una pérdida de datos del 2% en las observaciones de radioastronomía. Las condiciones de propagación varían de una forma episódica, generalmente a lo largo de periodos de algunos días. Por tanto, debe señalarse que en periodos de semanas seguidas, el intervalo durante el que los datos resultan contaminados por la interferencia puede ser únicamente de algunos días. Estos efectos se producen principalmente en las longitudes de ondas superiores, es decir, por debajo de 1 GHz aproximadamente. Los periodos de pérdidas de datos pueden reducirse mediante la programación dinámica de las observaciones de radioastronomía.

3.1.2 Aplicaciones basadas en el espacio

Es necesario no considerar condiciones de propagación troposférica variable en el tiempo en condiciones de visibilidad directa.

3.2 Compartición en la banda cuando la transmisión es variable en el tiempo y en el emplazamiento

3.2.1 Aplicaciones terrenales

Para hacer máxima la eficacia de utilización de los radiotelescopios, deben evitarse las pérdidas de tiempo de observación debidas a la interferencia causada por otros usuarios del espectro. No obstante, algunas pequeñas pérdidas pueden ser inevitables. Ejemplo de ellos son las emisiones no deseadas procedentes de estaciones móviles (terrenas) de los SMS. Un nivel aceptable de pérdidas de datos debidas a dichos sistemas es del 2%. La Recomendación UIT-R M.1316 ofrece un ejemplo de coordinación entre el SRA y el SMS (Tierra-espacio). En esta Recomendación, el porcentaje de pérdidas de tiempo de observación se utiliza en el cálculo de la distancia de separación por defecto entre las estaciones terrenas móviles del SMS (Tierra-espacio) y la estación de radioastronomía, utilizando la metodología de Monte Carlo.

3.2.2 Aplicaciones espaciales

La compartición con los enlaces descendentes de satélites no es posible en las bandas en que el SRA tiene una atribución primaria.

3.2.3 Aplicaciones espaciales de la radioastronomía

La radioastronomía basada en el espacio requiere análisis individuales adecuados a la aplicación.

3.3 Emisiones no deseadas en una banda de frecuencias de radioastronomía cuando la transmisión es variable en el tiempo y/o la dirección de llegada

3.3.1 Aplicaciones terrenales

La compartición temporal entre aplicaciones terrenales y la radioastronomía no suele considerarse operacionalmente factible. Se emplea el filtrado de los transmisores y la separación geográfica para suprimir los niveles de las emisiones no deseadas en la banda de radioastronomía, por debajo de los valores umbrales de la Recomendación UIT-R RA.769 en el emplazamiento del radiotelescopio. Hay posibilidad de interferencia cuando el haz de radioastronomía apunta a menos de 19° de una fuente terrenal (véase la Fig. 1). Los niveles de la Recomendación UIT-R RA.769 se basan en la hipótesis de que la fuente de interferencia esté en el contorno isótropo. Tal como se representa en la Fig. 1, una fuente terrenal en el horizonte (elevación = 0°) puede dar lugar a interferencia perjudicial hasta en el 2% del hemisferio visible para un telescopio que pueda apuntar dentro de un arco de 5° del horizonte. No obstante, por regla general, los radiotelescopios apuntan en un sector de menos de 5° del horizonte durante una parte únicamente de su tiempo total de observación. Algunas fuentes de interferencias son conocidas y pueden evitarse. En la práctica, puede tolerarse un nivel de hasta 2% de pérdidas de datos debidas a un sistema interferente. Debe señalarse que a medida que un radiotelescopio apunta a ángulos de elevación muy reducidos el ruido del sistema aumenta, lo que reduce la sensibilidad. Esto no se tiene en cuenta en la Recomendación UIT-R RA.769, pues el límite de elevación habitual de 5° a 10° se traduce en un paso muy reducido de tiempo por la región de sensibilidad degradada.

La metodología descrita en la Recomendación UIT-R M.1316 puede también utilizarse para evaluar el efecto de las emisiones terrenales no deseadas en una banda de radioastronomía.

3.3.2 Aplicaciones espaciales

La protección de la radioastronomía en presencia de satélites OSG se trata en la Recomendación UIT-R RA.769.

El UIT-R ha elaborado dos Recomendaciones sobre la compatibilidad entre constelaciones no OSG y emplazamientos del SRA:

Recomendación UIT-R S.1586 – Cálculo de los niveles de emisión no deseada producidos por un sistema del servicio fijo por satélite no geoestacionario en localizaciones de radioastronomía.

Recomendación UIT-R M.1583 – Cálculo de la interferencia entre los sistemas no geoestacionarios del servicio móvil por satélite o del servicio de radionavegación por satélite y los emplazamientos de los telescopios de radioastronomía.

Estas Recomendaciones proporcionan un método para evaluar los niveles de emisiones no deseadas producidos por constelaciones de satélites no OSG y algunos otros sistemas en emplazamientos de radioastronomía antes de su puesta en servicio. En concreto, en esas Recomendaciones pueden encontrarse métodos para determinar la compatibilidad entre los emplazamientos de radioastronomía y los sistemas de satélites durante la fase de construcción de estos últimos y antes de su lanzamiento, en respuesta a los *resuelve* 1 y 2 de la Resolución **739 (Rev.CMR-07)**.

El primer paso de este método consiste en dividir el cielo en células. En primer lugar, se elige aleatoriamente una dirección de puntería de la antena del SRA que se encuentre en el interior de una célula específica en el cielo. A continuación, se elige también aleatoriamente el tiempo de inicio de la constelación. Se calcula el valor medio de la *dfp* equivalente (*dfpe*) correspondiente a esta prueba para la dirección de puntería y el tiempo de inicio de la constelación elegidos, utilizando la siguiente ecuación a fin de determinar la *dfpe* correspondiente a cada muestra de tiempo:

$$dfpe_{G_r} = 0 \text{ dB} = 10 \log_{10} \left[\sum_{i=1}^{N_a} 10^{\frac{P_i}{10}} \cdot \frac{G_t(\theta_i)}{4\pi d_i^2} \cdot G_r(\varphi_i) \right] \quad (1)$$

donde:

- N_a : número de estaciones espaciales no OSG visibles desde el radiotelescopio
- i : índice de la estación espacial no OSG considerada
- P_i : potencia de RF de la emisión no deseada a la entrada de la antena (potencia de RF radiada en el caso de una antena activa) de la estación espacial transmisora considerada en el sistema de satélites no OSG (dBW) en la anchura de banda de referencia
- θ_i : ángulo fuera del eje entre el eje de puntería de la estación espacial transmisora considerada en el sistema de satélites no OSG y la dirección del radiotelescopio
- $G_t(\theta_i)$: ganancia de la antena de transmisión (expresada como relación) de la estación espacial considerada del sistema de satélites no OSG en dirección del radiotelescopio
- d_i : distancia (m) entre la estación transmisora considerada del sistema de satélites no OSG y el radiotelescopio

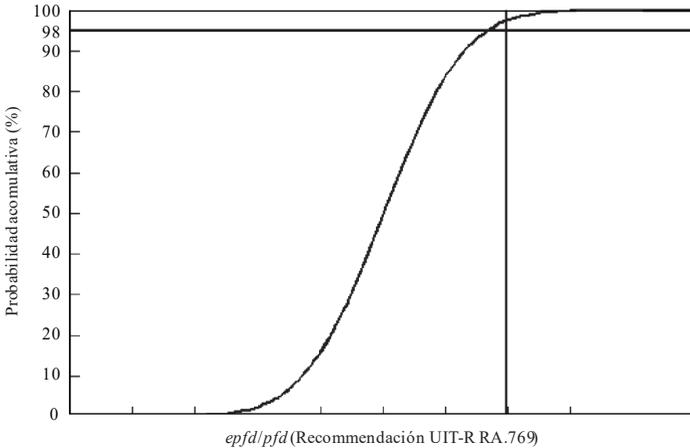
ϕ_i : ángulo fuera del eje entre la dirección de puntería del radiotelescopio y la dirección de la estación espacial transmisora considerada del sistema de satélites no OSG

$G_r(\phi_i)$: ganancia de la antena de recepción (expresada como relación) del radiotelescopio en dirección de la estación espacial transmisora considerada del sistema de satélites no OSG.

Para cada una de estas células, se determina una distribución estadística de la dfpe. A continuación, estas distribuciones de la dfpe pueden compararse con los niveles de dfpe que aparecen en la Recomendación UIT-R RA.769 (definidos suponiendo una ganancia de la antena receptora de 0 dBi en dirección de la interferencia y considerando un tiempo de integración de 2 000 s) de manera que el porcentaje de pruebas durante el cual se satisface el criterio puede determinarse para cada una de las células que se definieron.

FIGURA 2

Comparación entre los niveles de dfp de la Recomendación UIT-R RA.769 y la distribución de dfpe para una célula



RA.1513-02

A partir de los niveles umbral de dfp de interferencia perjudicial para la radioastronomía que aparecen en la Recomendación UIT-R RA.769, pueden obtenerse los niveles umbral de dfpe teniendo en cuenta la máxima ganancia de la antena de radioastronomía, $G_{m\acute{a}x}$, supuesta en los cálculos, mediante la siguiente ecuación:

$$dfpe_{umbral} = dfp_{RA.769} - G_{m\acute{a}x}$$

En el cielo, para elevaciones superiores al mínimo ángulo de elevación de funcionamiento del radiotelescopio, el nivel umbral de dfpe definido anteriormente no debe rebasarse durante más del 2% del tiempo.

Esta metodología fue elaborada inicialmente para cubrir el caso de sistemas de satélites no OSG, sin embargo también puede utilizarse para algunos sistemas a bordo de aeronaves; por ejemplo, en el SMS aeronáutico.

3.4 Medición de la pérdida de datos causada por una interferencia impulsiva de baja intensidad

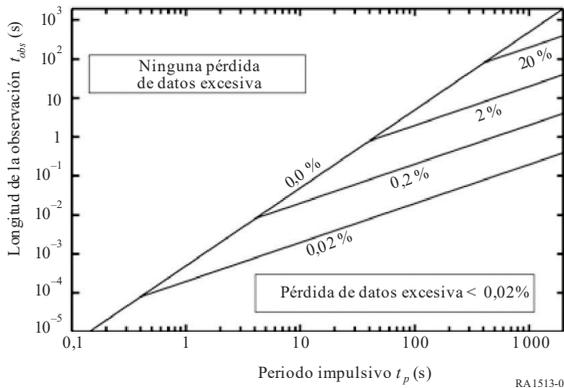
En esta cláusula se especifica la medición de la pérdida de datos debida a la interferencia impulsiva superior al umbral de interferencia perjudicial para las observaciones de raya espectral medio de 2 000 segundos, especificado en la Recomendación UIT-R RA.769. se trata de una interferencia de baja intensidad. Hay un adiferencia notable entre el comportamiento interferente de las señales impulsivas y el de las señales continuas. La interferencia continua, invariable en el tiempo, igual o inferior a los umbrales de interferencia perjudicial definidos en la Recomendación UIT-R RA.769 para integraciones de 2 000 segundos no perjudicará a las observaciones más cortas, pues la relación interferencia/ruido es mayor en las integraciones largas. Esto no siempre ocurre con las señales variables en el tiempo. Se definen aquí los casos en que las señales impulsivas satisfacen el umbral definido para integraciones de 2 000 segundos y, aun así, provocan una pérdida de datos excesiva a las observaciones más cortas.

En el caso de la interferencia periódica, la medición de la pérdida de datos excesiva depende de dos escalas de tiempo, el periodo impulsivo interferente, t_p , y el intervalo de observación en el que se median los datos astronómicos, t_{obs} , obteniendo una medición individual. t_{obs} se determina por criterios técnicos y científicos y suele durar unos pocos segundos. Cuando t_{obs} dura más de 0,8 s, es posible que haya una pérdida de datos excesiva > 2%, pero sólo si el periodo impulsivo interferente dura más de 40 s, como se muestra en los cálculos siguientes.

En la Fig. 3 se resumen las mediciones de la pérdida de datos.

FIGURA 3

Pérdida de datos excesiva, L%, causada por interferencia impulsiva



La pérdida de datos excesiva depende únicamente de la combinación del periodo impulsivo y la longitud de la observación, como se muestra en la Fig. 3. Se considera que una observación se ha perdido cuando contiene una señal más fuerte que 1/10 del ruido del sistema, mediado en la longitud de la observación. Se ha visto que la pérdida de datos excesiva máxima es inferior a la duración de un periodo impulsivo por 2 000 s. Por consiguiente, las señales de radar y otras señales impulsivas de periodo corto no crear una pérdida de datos excesiva importante.

3.4.1 Método

Supóngase el caso de impulsos periódicos mediados en el tiempo que alcanzan los umbrales de interferencia perjudicial causando pérdida de datos en 2 000 s, como se presenta en la Recomendación UIT-R RA.769. Resulta que, a diferencia de cuando la interferencia es constante en el tiempo, las observaciones que naturalmente duran menos de 2 000 s (por ejemplo, los púlsar, que emiten periódicamente a intervalos muy inferiores a 2 000 s) sufrirán en ocasiones de pérdida de datos, porque la energía impulsiva interferente puede concentrarse en una o en un reducido número de estas observaciones más cortas.

Por ejemplo, un único impulso interferente cada 2 000 s coincidirá con una de cada dos observaciones de una serie de 1 000 s cada una. La relación interferencia/ruido ya no será de 1/10, como exige la Recomendación UIT-R RA.769, sino de $\sqrt{2}/10$ en una observación y de 0 en la otra. Esto supone una pérdida de datos excesiva del 50%. (El factor es $\sqrt{2}$, pues la interferencia media es dos veces más fuerte en la observación afectada, pero el valor cuadrático medio del ruido será sólo $\sqrt{2}$ superior). En el ejemplo siguiente se muestra el caso más desfavorable de pérdida de datos excesiva.

La pérdida de datos excesiva se deriva de la siguiente manera:

Pongamos que:

- t_{obs} es la longitud de la observación en segundos,
- t_p es el periodo impulsivo en segundos,
- N_{obs} es el número de observaciones cada 2 000 s, $= 2\,000/t_{obs}$,
- N_p es el número de impulsos cada 2 000 s, $= 2\,000/t_p$,
- P es la potencia impulsiva media durante el intervalo de observación t_{obs} ,
- P_{sys} es la potencia de ruido del sistema sin perturbaciones mediada en 2 000 s,
- L es la pérdida de datos excesiva en segundos, y
- $L\%$ es el porcentaje de pérdida de datos excesiva.

La energía provista por el tren impulsivo debe ser $\leq 1/10$ de la energía del sistema sin perturbaciones (véase la Recomendación UIT-R RA.769), de manera que:

$$N_p P t_{obs} \leq (2000 P_{sys})/10 \quad (2)$$

Ahora, parametrícese P como:

$$P = (a P_{sys}/10) \sqrt[3]{(2000/t_{obs})} \quad (3)$$

de manera que la potencia impulsiva media sea un factor por encima del umbral de interferencia perjudicial para el intervalo t_{obs} .

De las ecuaciones (2) y (3) se deriva un límite superior para el número de impulsos regulares en 2 000 s:

$$N_{p,m\acute{a}x} = (1/a) \sqrt[3]{(2000/t_{obs})} \quad (4)$$

y el correspondiente periodo impulsivo más corto permisible:

$$t_{p,min} = a \sqrt[3]{(2000 t_{obs})} \quad (5)$$

Esto demuestra que el periodo impulsivo interferente debe ser superior a la media geométrica de la longitud de la observación y 2 000 s para causar pérdida de datos excesiva en las observaciones más cortas, ajustándose al mismo tiempo el límite de interferencia perjudicial de $a = 1$ en 2 000 s fijado en la Recomendación UIT-R RA.769. Así, por ejemplo, hay exactamente 100 observaciones con $t_{obs} = 20$ s en un intervalo de 2 000 s, donde (5) garantiza que $t_{p,min} = 200$ s. Dado que $t_{p,min}$ es el periodo más largo que satisface el requisito de $a = 1$, menos de 10 impulsos causarán pérdida de datos de, como máximo 9 de las 100 observaciones de 20 segundos.

Por tanto, la pérdida de datos es:

$$L = N_p t_{obs} \quad \text{en segundos,} \tag{6}$$

y el porcentaje de pérdida de datos es:

$$L\% = 100 L/2000 \tag{7}$$

De las ecuaciones (5) y (6) se deriva que:

$$L(\text{límite superior}) = t_{p,min} \text{ en segundos, y} \tag{8}$$

$$L\%(\text{límite superior}) = 100 (t_{p,min}/2000) \tag{9}$$

Queda claro que las señales impulsivas con periodo corto ($t_p < 40$ s) no pueden causar una pérdida de datos excesiva importante por encima del límite del 2%.

La relación entre t_{obs} , t_p y $L\%$ se muestra en la anterior Fig. 3 para una pérdida de datos excesiva de 0, 0,02, 0,2, 2 y 20%.

3.4.2 Efecto de los impulsos regulares

Los impulsos periódicos interferentes con intensidad constante representan el caso más desfavorable en términos de pérdida de datos excesiva. Los impulsos irregularmente espaciados en el tiempo o con intensidad variable causan, como mucho, una pérdida de datos equivalente, siempre y cuando se cumpla el requisito de $a = 1$ de que su media no supere el umbral de interferencia perjudicial después de 2 000 s. En ocasiones puede haber más de un impulso interferente durante una misma observación, pero no por ello se aumenta el número total de observaciones perdidas, pues un solo impulso basta para eso.

Del mismo modo, los impulsos interferentes con intensidad variable pueden reducir el número de observaciones perdidas. Esto ocurre cuando los impulsos están suficientemente por debajo de la media para no rebasar el nivel de interferencia perjudicial. Por tanto, en ningún caso pueden causar más pérdidas que los impulsos periódicos con intensidad constante.

3.4.3 impulsos de periodo largo

Los únicos impulsos interferentes que pueden causar una pérdida de datos excesiva notable son aquellos cuyo periodo es muy largo, de entre decenas y cientos de segundos. Tales cadenas de impulsos se dan raramente en la práctica, aunque las aplicaciones con botón de cambio («push-to-talk») pueden efectuar transmisiones irregularmente espaciadas con un tamaño parecido.

En el siguiente ejemplo se muestra el motivo para limitar los periodos impulsivos largos. A partir de la ecuación (5), para causar pérdida de datos excesiva, el periodo impulsivo debe ser superior a la media geométrica de la longitud de la observación y 2 000 s. por ejemplo, hay cien integraciones de 20 segundos en 2 000 s. por tanto, un único impulso mediado en 20 s puede ser 100 veces el umbral de interferencia perjudicial en 2 000 segundos y, aún así, medirse por debajo de ese nivel y causar una pérdida de datos excesiva del 1%. Esta potencia excesiva puede reducirse por un factor de $\sqrt{100} = 10$ y distribuirse a lo largo de, como mucho, 10 impulsos antes de encontrarse por debajo del nivel de interferencia perjudicial en 20 s. Se obtiene un periodo impulsivo mínimo de 200 s.

3.4.4 Métodos de reducción de la interferencia

La interferencia fácilmente visible en una antena isótropa en cualquier intervalo de integración igual o superior a un segundo ya muestra que la potencia media en 2 000 s superará el umbral de interferencia perjudicial, como se muestra a continuación.

Para las señales iguales o inferiores al umbral de interferencia perjudicial ($a \leq 1$), la intensidad impulsiva máxima que causa una pérdida de datos del 2% es un único impulso cada 2 000 s 1,5 dB por debajo de la media de ruido en 40 s. esto dañará una integración de 40 segundos de cada 50, es decir, el 2%. La media de ruido en 40 s es de $\sqrt{50}$ 8,5 dB por encima del ruido en 2 000 s, mientras que el impulso puede ser 50 veces superior (17 dB) a ese nivel. La diferencia es de 8,5 dB, lo que aún es $\sqrt{2}$ más débil que el ruido medio en 40 s, por lo que no se detectará en las observaciones normales. Sólo las observaciones muy cortas (milisegundos) pueden lograr detectar los impulsos, a partir de cinco sigma por encima del ruido.

En todos los casos para detectar la interferencia impulsiva se necesitará una ganancia de antena en dirección de la interferencia muy por encima de la isótropa o, en el caso de los impulsos muy breves, de una gran resolución temporal. Por último, la interferencia visible en una antena isótropa con una integración de pocos segundos seguro que supera el límite de interferencia perjudicial al realizar la media en 2 000 s, incluso sin que haya interferencia.

En esta cláusula se asume que no se ha intentado sincronizar la velocidad de adquisición de los datos con el periodo impulsivo. Sin embargo, las señales impulsivas regulares ofrecen un método de reducción de la interferencia excepcionalmente potente, si se adopta esta opción. Gracias a los trabajos sobre la detección de pulsares se sabe que puede lograrse una mejora de la relación interferencia/ruido proporcional a la raíz cuadrada de la relación entre el ancho del impulso y su periodo, generalmente de entre 10 dB y 20 dB para los radares.

3.4.5 Equivalencia entre impulsos rápidos y emisiones continuas

Los impulsos rápidos, como los de los radares, pueden tratarse como una interferencia continua con una intensidad equivalente a la intensidad media del impulso. Concretamente, la interferencia impulsiva que no rebasa el límite de la Recomendación UIT-R RA.769 para una integración de 2 000 segundos puede encontrarse por debajo del límite de interferencia perjudicial calculado para integraciones más cortas. Por ejemplo, si consideramos una señal impulsiva con un periodo de 20 segundos 15 dB por debajo del ruido en cada integración de 20 segundos, el ruido después de 2 000 s será 10 veces más débil. Por tanto, esta señal, inocua en las integraciones de 20 segundos, estará 5 dB por encima del nivel perjudicial tras 2 000 s.

Dicho de otro modo, la señal impulsiva se comporta igual que una señal continua. Sólo los impulsos con periodos más largos que la media geométrica del tiempo de integración y 2 000 s puede causar pérdida de datos excesiva en integraciones cortas, mientras que la interferencia impulsiva no rebasa el umbral de interferencia perjudicial de la Recomendación UIT-R RA.769 para una integración de 2 000 segundos. Sería raro que esto ocurriese en la realidad.

3.4.6 Resumen

Basándonos en que la interferencia impulsiva no rebasa el umbral de interferencia perjudicial de la Recomendación UIT-R RA.769 para una observación de 2 000 s, estos cálculos demuestran lo siguiente:

- 1) La radiación de radar y otras radiaciones impulsivas con periodos inferiores a 40 s, cuya media está por debajo del nivel perjudicial definido en la Recomendación UIT-R RA.769 para 2 000 s, no causarán una pérdida de datos excesiva $> 2\%$.
- 2) Para las mediciones en longitudes de observación de 40 segundos, la intensidad impulsiva más desfavorable para una pérdida de datos excesiva $> 2\%$ es 1,5 dB inferior al ruido del sistema, y eso sólo en el caso de impulsos extremadamente infrecuentes (1 cada 2 000 s) sin medidas de reducción de la interferencia para sincronizar la captura de datos de manera anticorrelacionada con los impulsos regulares.
- 3) La interferencia periódica y/o de intensidad variable causará una pérdida de datos igual o inferior a la que causan los impulsos periódicos de intensidad constante.

4 Conclusión

Se considera que el 5% del tiempo es un criterio práctico para las pérdidas de datos combinadas resultantes de la interferencia procedente de todas las fuentes en el SRA. La existencia de múltiples fuentes de interferencia superpuestas es un aspecto práctico que debe ser tenido en cuenta. Se requieren nuevos estudios sobre el reparto de la interferencia combinada entre las distintas redes.

Las pérdidas de datos debidas a la interferencia de un sistema aislado deben ser significativamente inferiores al 5%. Para cumplir este requisito, el 2% por sistema es un límite práctico.

RECOMENDACIÓN UIT-R M.1583-1*

Cálculo de la interferencia entre los sistemas no geoestacionarios del servicio móvil por satélite o del servicio de radionavegación por satélite y los emplazamientos de los telescopios de radioastronomía

(Cuestión UIT-R 236/8)

(2002-2007)

Alcance

En la presente Recomendación se describe el método que ha de utilizarse para calcular la cantidad de datos perdidos a causa de la interferencia producida en un emplazamiento de radioastronomía por un sistema de satélites no geoestacionarios del servicio móvil por satélite o un sistema del servicio de radionavegación por satélite.

La Asamblea de Radiocomunicaciones de la UIT,

considerando

- a) que, en algunos casos, el servicio de radioastronomía y los servicios espaciales (espacio-Tierra) tienen atribuidas bandas de frecuencias adyacentes o cercanas;
- b) que el servicio de radioastronomía está basado en la recepción de emisiones con niveles de potencia muy inferiores a los que se utilizan generalmente en otros servicios de radiocomunicaciones;
- c) que, debido a que los niveles de potencia de recepción son bajos, el servicio de radioastronomía generalmente es más sensible que otros servicios a la interferencia procedente de emisiones no deseadas;
- d) que, debido a las características de los sistemas de satélites no geoestacionarios (no OSG), y en particular al hecho de que la interferencia es variable en el tiempo, el nivel de interferencia provocada por estos satélites en los radiotelescopios no se puede calcular de la misma forma que en el caso de satélites OSG,

recomienda

- 1 que el cálculo de los niveles de emisiones no deseadas producidos por los sistemas de satélite no OSG del servicio de radionavegación por satélite (SRNS) o del servicio móvil por satélite (SMS) en los emplazamientos de radioastronomía se base en el método descrito en el Anexo 1;
- 2 que, en estos cálculos, se utilice el diagrama de antena descrito en la Recomendación UIT-R RA.1631 para representar el modelo de las antenas de radioastronomía;
- 3 que se utilice el método descrito en el Anexo 2 para calcular el porcentaje de tiempo durante el cual se rebasa el umbral de la densidad de flujo de potencia equivalente (dfpe).

* Esta Recomendación debe señalarse a la atención de la Comisión de Estudio 7 de Radiocomunicaciones.

Anexo 1

Cálculo de los niveles de emisiones no deseadas producidas por sistemas de satélites no OSG del SRNS o del SMS en los emplazamientos de radioastronomía

El método aquí descrito, que está basado en el concepto de «densidad de flujo de potencia equivalente» (dfpe), se utiliza para calcular los niveles de densidad de flujo de potencia (dfp) producidos por emisiones no deseadas de un sistema de satélites no OSG en los radiotelescopios, teniendo en cuenta las características tanto del sistema de satélites como de la antena del radiotelescopio. El valor de la dfpe es la combinación de las contribuciones de todas las emisiones de satélites expresada como la dfp de una sola fuente equivalente en el eje de puntería (valor de cresta del haz principal) del radiotelescopio.

1 Parámetros necesarios

Debido a las características particulares de los sistemas de los satélites no OSG, es evidente que el nivel de interferencia causada por estos satélites en un radiotelescopio no se puede calcular como se hace en el caso de los satélites OSG. Es necesario un proceso estadístico que tenga en cuenta el aspecto dinámico de los satélites no OSG.

La evaluación de la interferencia producida por los satélites en el radiotelescopio durante el tiempo de integración (2 000 s) debe basarse en cálculos estadísticos y debe tener en cuenta los parámetros tanto de los satélites como del radiotelescopio.

Parámetros del sistema de satélites no OSG:

- número de satélites visibles en el cielo desde la estación de radioastronomía;
- características orbitales detalladas de los satélites;
- dfp producida por cada satélite en el radiotelescopio dentro de la banda de radioastronomía considerada, que puede calcularse utilizando un modelo de máscara de emisiones no deseadas.

Parámetros del radiotelescopio:

- emplazamiento de la antena;
- diagrama y ganancia de antena;
- gama de las direcciones de puntería utilizadas en la práctica;
- dirección del eje de puntería;
- ángulo fuera del eje entre el eje de puntería de la antena de la estación de radioastronomía y las direcciones de los satélites transmisores;
- tiempo de integración (2 000 s).

2 Cálculo de los niveles de dfpe en los emplazamientos de radioastronomía

La ganancia de recepción de un radiotelescopio en dirección de un satélite no OSG (a diferencia de los satélites OSG) varía con el tiempo, debido principalmente al movimiento del satélite y la estructura angular fina del diagrama de lóbulos laterales del radiotelescopio. En algunos casos, la ganancia del radiotelescopio en dirección de un satélite será muy superior a 0 dBi, y en otros casos será inferior.

Además, en el caso de un sistema de múltiples satélites no OSG, es necesario incluir y tener debidamente en cuenta las contribuciones de todos los satélites.

Esto se puede hacer utilizando el concepto de la dfpe definido inicialmente para determinar las posibles condiciones de compartición entre los sistemas OSG y no OSG. En el siguiente punto se amplía este concepto para el caso de una estación de radioastronomía sometida a la interferencia de satélites no OSG.

2.1 Definición de dfpe

Si una antena, dentro de una anchura de banda de referencia, recibe potencia simultáneamente de varios transmisores situados a distancias diferentes, en direcciones distintas y con diversos niveles de dfp incidente, la dfpe es igual a la dfp que, recibida de un solo transmisor en el campo lejano de la antena en la dirección de máxima ganancia produciría una potencia a la entrada del receptor igual a la que recibe realmente combinando los distintos transmisores.

Para calcular la dfpe se utiliza la siguiente fórmula:

$$dfpe = 10 \log_{10} \left[\sum_{i=1}^{N_a} 10^{\frac{P_i}{10}} \cdot \frac{G_t(\theta_i)}{4\pi d_i^2} \cdot \frac{G_r(\phi_i)}{G_{r,m\acute{a}x}} \right] \quad (1)$$

donde:

- N_a : número de estaciones espaciales no OSG que son visibles desde el radiotelescopio
- i : índice de la estación espacial no OSG considerada
- P_i : potencia de RF de la emisión no deseada a la entrada de la antena (o la potencia radiada de RF si se trata de una antena activa) de la estación espacial transmisora considerada en el sistema no OSG, (dBW) en la anchura de banda de referencia
- θ_i : ángulo (grados), entre el eje de puntería de la estación espacial transmisora considerada en el sistema no OSG y la dirección del radiotelescopio
- $G_t(\theta_i)$: ganancia de la antena transmisora (expresada como una relación) de la estación espacial considerada en el sistema no OSG, en la dirección del radiotelescopio
- d_i : distancia (m) entre la estación transmisora considerada del sistema no OSG y el radiotelescopio
- ϕ_i : ángulo fuera del eje (grados), entre la dirección de puntería del radiotelescopio y la dirección de la estación espacial transmisora considerada en el sistema no OSG
- $G_r(\phi_i)$: ganancia de la antena receptora (expresada como una relación) del radiotelescopio, en la dirección de la estación espacial transmisora considerada del sistema no OSG (véase la Recomendación UIT-R RA.1631)
- $G_{r,m\acute{a}x}$: dfpe máxima ganancia (expresada como una relación) del radiotelescopio
- $dfpe$: dfpe instantánea (dB(W/m²)), en la anchura de banda de referencia en el radiotelescopio.

Para calcular la dfpe en la ecuación (1) se supone que la dfp resultante de todas las fuentes interferentes está dirigida al eje de puntería de la antena receptora, donde la ganancia de antena es máxima. Sin embargo, los criterios de protección de sistemas de radioastronomía utilizan como referencia un contorno de 0 dBi para la antena de radioastronomía. Utilizando el método de la

ecuación (1), la dfp provocada por todas las fuentes interferentes dirigidas a la ganancia 0 dBi de la antena receptora se puede calcular de esta forma:

$$dfpe_{G_r=0 \text{ dBi}} = 10 \log_{10} \left[\sum_{i=1}^{N_a} 10^{\frac{P_i}{10}} \cdot \frac{G_t(\theta_i)}{4\pi d_i^2} \cdot G_r(\varphi_i) \right] \quad (2)$$

Los valores de $epfd_{G_r=0 \text{ dBi}}$ resultantes de la ecuación (2), promediados en un tiempo de integración de 2 000 s, pueden compararse con los niveles de dfp (definidos suponiendo una ganancia de antena de recepción de 0 dBi en dirección de la interferencia y para el tiempo de integración considerado).

NOTA 1 – Se supone que todos los transmisores están situados en el campo lejano del radiotelescopio (es decir a una distancia de más de $2D^2/\lambda$, donde D es el diámetro efectivo del radiotelescopio y λ es la longitud de onda de observación). Aunque estas condiciones no siempre se pueden cumplir, se considera que es una aproximación satisfactoria.

NOTA 2 – Para algunos radiotelescopios, la dirección de máxima ganancia (dirección del eje de puntería) no coincide siempre necesariamente con el eje geométrico del radiotelescopio.

NOTA 3 – En el caso de antenas activas, P_i debe considerarse como la potencia de RF radiada y no como la potencia a la entrada de la antena.

NOTA 4 – La ganancia de antena de la estación transmisora, $G_t(\theta_i)$ se determina a la frecuencia de la banda de radioastronomía considerada. Podría ser diferente de la ganancia a las frecuencias de las transmisiones previstas.

Anexo 2

Distribución de los niveles de dfpe

En este Anexo se describe un método para calcular las estadísticas de la dfpe en todo el cielo.

1 División del cielo en células que tengan aproximadamente el mismo ángulo sólido

En este método, la primera operación consiste en dividir el cielo en M anillos paralelos al horizonte, igualmente repartidos por lo que respecta al ángulo de elevación entre 0° y 90° . La anchura de cada anillo es $90/M^\circ$. La siguiente operación consiste en dividir estos anillos en células, cuya anchura acimutal se elige de forma que haya un número entero de células en cada anillo, y es aproximadamente igual a:

$$\frac{90 / M}{\cos(\text{elevación})} \quad \text{grados}$$

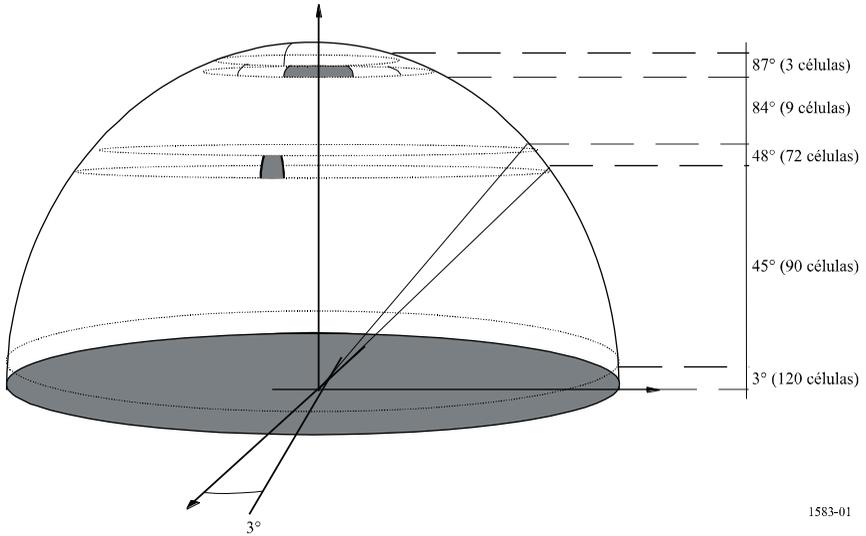
La Fig. 1 es un ejemplo de división con escalones de 3° de anchura en elevación, dividiendo el cielo en 30 anillos que tienen un ángulo de elevación de 3° . En estas condiciones, la anchura en el eje acimutal es aproximadamente:

$$\frac{90 / 30}{\cos(\text{elevación})} \quad \text{grados}$$

La elevación es el valor medio en un anillo determinado.

FIGURA 1

Ejemplo de división del cielo en células con un ángulo sólido de unos 9 grados cuadrados



1583-01

De esta forma el cielo queda dividido en 2334 células con un ángulo sólido de 9 grados cuadrados aproximadamente cada una. En el Cuadro 1 se indica el número de células para cada anillo correspondiente a este ejemplo.

CUADRO 1

Ejemplo de división del cielo en células cuadradas con ángulo sólido de unos 9° cuadrados

Elevación del límite inferior del anillo (grados)	Ángulo sólido del anillo (grados cuadrados)	Ángulo sólido acumulativo (grados cuadrados)	Escalón de acimut (grados)	Número de células del anillo	Ángulo sólido de una célula (grados cuadrados)	Número de células acumulativo	Porcentaje de ángulo sólido (%)	Ángulo sólido acumulativo (%)
0	1 079,51	1 079,51	3	120	9,00	120	5,23	5,23
3	1 076,55	2 156,05	3	120	8,97	240	5,22	10,45
6	1 070,64	3 226,69	3	120	8,92	360	5,19	15,64
9	1 061,79	4 288,49	3	120	8,85	480	5,15	20,79
12	1 050,04	5 338,53	3	120	8,75	600	5,09	25,88
15	1 035,41	6 373,93	3	120	8,63	720	5,02	30,90
18	1 017,94	7 391,87	3	120	8,48	840	4,94	35,84
21	997,68	8 389,55	3	120	8,31	960	4,84	40,67
24	974,68	9 364,23	3	120	8,12	1 080	4,73	45,40
27	949,01	10 313,24	3	120	7,91	1 200	4,60	50,00

CUADRO 1 (*fin*)

Elevación del límite inferior del anillo (grados)	Ángulo sólido del anillo (grados cuadrados)	Ángulo sólido acumulativo (grados cuadrados)	Escalón de acimut (grados)	Número de células del anillo	Ángulo sólido de una célula (grados cuadrados)	Número de células acumulativo	Porcentaje de ángulo sólido (%)	Ángulo sólido acumulativo (%)
30	920,75	11 233,99	4	90	10,23	1 290	4,46	54,46
33	889,95	12 123,94	4	90	9,89	1 380	4,31	58,78
36	856,72	12 980,66	4	90	9,52	1 470	4,15	62,93
39	821,14	13 801,81	4	90	9,12	1 560	3,98	66,91
42	783,31	14 585,12	4	90	8,70	1 650	3,80	70,71
45	743,34	15 328,46	4	90	8,26	1 740	3,60	74,31
48	701,32	16 029,79	5	72	9,74	1 812	3,40	77,71
51	657,39	16 687,17	5	72	9,13	1 884	3,19	80,90
54	611,65	17 298,82	5	72	8,50	1 956	2,97	83,87
57	564,23	17 863,06	6	60	9,40	2 016	2,74	86,60
60	515,27	18 378,33	6	60	8,59	2 076	2,50	89,10
63	464,90	18 843,23	6	60	7,75	2 136	2,25	91,35
66	413,25	19 256,48	8	45	9,18	2 181	2,00	93,36
69	360,47	19 616,95	9	40	9,01	2 221	1,75	95,11
72	306,70	19 923,65	10	36	8,52	2 257	1,49	96,59
75	252,09	20 175,74	12	30	8,40	2 287	1,22	97,81
78	196,79	20 372,53	18	20	9,84	2 307	0,95	98,77
81	140,95	20 513,49	24	15	9,40	2 322	0,68	99,45
84	84,73	20 598,21	40	9	9,41	2 331	0,41	99,86
87	28,27	20 626,48	120	3	9,42	2 334	0,14	100,00

2 Distribución de la dfpe en una célula

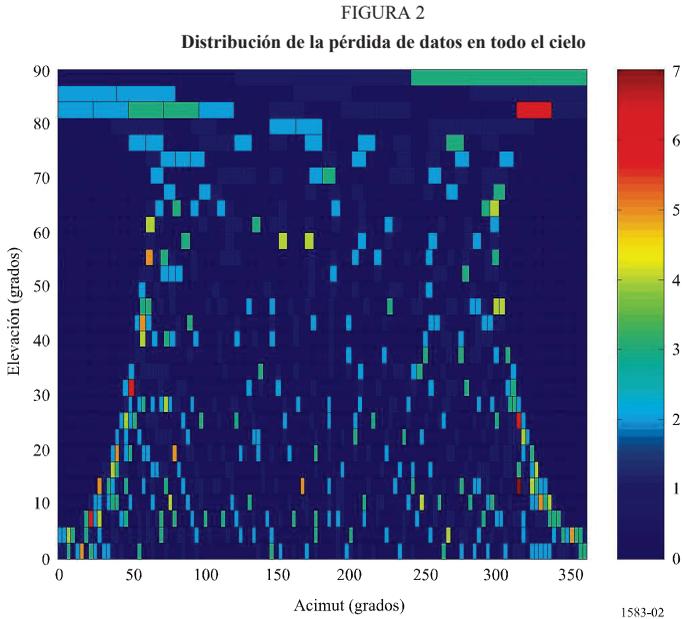
Para empezar se elige aleatoriamente la dirección de puntería de la antena del servicio de radioastronomía correspondiente a una determinada célula del cielo según la división descrita en el punto anterior. Después se elige también aleatoriamente la hora de comienzo de la constelación. Entonces se puede calcular la dfpe para cada instante de un tiempo de integración de 2 000 s. A continuación, se calcula el valor medio de dfpe en esta prueba para la dirección de puntería y la hora de comienzo de la constelación elegidas.

Esta operación se repite para obtener una distribución estadística de dfpe en la célula considerada. El método está basado en varias pruebas, calculando en cada una el valor medio de dfpe en un intervalo de integración de 2 000 s. Cuanto mayor sea el número de pruebas, más precisa será la distribución. Es necesario hacer un número adecuado de pruebas para lograr resultados suficientemente fiables. En particular, el resultado de multiplicar el número de pruebas por el tiempo de integración de 2 000 s debe ser considerablemente superior al periodo de la constelación. También es necesario hacer un muestreo estadístico apropiado para todo el periodo de la constelación. Cuando ya no se obtengan variaciones significativas en la distribución, se podrá afirmar que el número de pruebas realizadas es suficiente. Esta verificación podría hacerse de forma

automática, como una parte de la simulación, o manualmente, deteniendo la simulación a intervalos regulares.

3 Resultado en términos de porcentaje de pérdida de datos

Los cálculos de dfpe descritos en el § 2 permiten obtener una distribución de niveles de dfpe para cada célula del cielo que puede compararse con los niveles umbral utilizados para las mediciones radioastronómicas. Cuando se superen estos niveles, se perderán algunos datos radioastronómicos. El porcentaje de esta pérdida se calcula como la suma de dichas pérdidas en todas las células dividida por el número de pruebas. En la Fig. 2. se muestra un ejemplo del porcentaje de pérdida de datos por célula en todo el cielo para una constelación no OSG del SRNS.



RECOMENDACIÓN UIT-R S.1586-1

Cálculo de los niveles de emisión no deseada producidos por un sistema del servicio fijo por satélite no geostacionario en localizaciones de radioastronomía

(Cuestion UIT-R 236/4)

(2002-2007)

Cometido

Esta Recomendación muestra un método que puede utilizarse para calcular los niveles de emisión no deseada producidos por un sistema del servicio fijo por satélite (SFS) no geostacionario (no OSG) en localizaciones de radioastronomía. También se explica el procedimiento de cálculo del porcentaje de tiempo durante el cual se sobrepasa un determinado nivel de densidad de flujo de potencia equivalente (dfpe) definido suponiendo una ganancia de antena de recepción de 0 dBi en la dirección de la interferencia y un determinado tiempo de integración.

La Asamblea de Radiocomunicaciones de la UIT,

considerando

- a) que, en algunos casos, el servicio de radioastronomía y los servicios espaciales (espacio-Tierra) han tenido atribuciones en bandas de frecuencias adyacentes o próximas;
- b) que el servicio de radioastronomía está basado en la recepción de emisiones que tienen niveles de potencia mucho más bajos que los niveles de las emisiones habituales de otros servicios de radiocomunicación;
- c) que, debido a estos bajos niveles de energía en recepción, el servicio de radioastronomía es generalmente más sensible que otros servicios a la interferencia de las emisiones no deseadas;
- d) que varias notas del Reglamento de Radiocomunicaciones (RR) (como los números 5.149, 5.443B y 5.511A) subrayan la necesidad de proteger el servicio de radioastronomía, en particular contra la interferencia de los transmisores espaciales;
- e) que, debido a las características de los sistemas de satélite no geostacionario (no OSG), en particular la de variación temporal de la interferencia, el nivel de la interferencia procedente de estos satélites en los radiotelescopios no puede evaluarse de la misma manera que en el caso de los satélites OSG,

recomienda

- 1 que las administraciones calculen los niveles de emisiones no deseadas producidas por un sistema de satélites del servicio fijo por satélite (SFS) no OSG en las estaciones de radioastronomía, utilizando el método descrito en el Anexo 1;
- 2 que, al efectuar estos cálculos, se utilice el diagrama de antena descrito en la Recomendación UIT-R RA.1631 como modelo de las antenas de radioastronomía;
- 3 que el porcentaje de tiempo durante el cual se sobrepasa un determinado nivel de densidad de flujo de potencia equivalente (dfpe) (definido suponiendo una ganancia de antena de recepción de 0 dBi en la dirección de la interferencia y un determinado tiempo de integración) se calcule según el método descrito en el Anexo 2.

Anexo 1

Cálculo de los niveles de emisión no deseada producidos por un sistema del SFS no OSG en localizaciones de radioastronomía

La metodología aquí descrita, basada en el concepto de densidad de flujo de potencia equivalente (dfpe) definido en el número 22.5C del Artículo 22 del RR, sirve para calcular los niveles de la dfp producidos por las emisiones no deseadas de un sistema de satélite del SFS no OSG en los radiotelescopios, teniendo en cuenta tanto las características del sistema de satélite como las características de la antena del radiotelescopio. El valor de la dfpe es la combinación de las contribuciones de todas las emisiones de los satélites, expresadas como la dfp de una sola fuente equivalente en el eje de puntería (punto máximo de haz principal) del radiotelescopio.

1 Parámetros necesarios

Debido a las características particulares de los sistemas de satélite no OSG, es evidente que el nivel de la interferencia procedente de estos satélites en un radiotelescopio no se puede evaluar como se hace para los satélites OSG. Es necesario un tratamiento estadístico que tenga en cuenta el aspecto dinámico de los satélites no OSG.

La evaluación de la interferencia provocada por los satélites en el radiotelescopio durante el tiempo de integración (2 000 s) debe basarse en cálculos estadísticos y tener en cuenta tanto los parámetros de los satélites como los parámetros del radiotelescopio.

Parámetros del sistema de satélites no OSG:

- el número de satélites visibles en el cielo desde la estación de radioastronomía;
- la dfp en el radiotelescopio dentro de la banda de radioastronomía considerada, calculada con un contorno dBsd o dBc;
- las distancias entre los satélites y la estación de radioastronomía;
- las características orbitales detalladas de los satélites.

Parámetros del radiotelescopio:

- la posición de la antena;
- el diagrama de antena y la ganancia de antena;
- la gama práctica de direcciones de puntería;
- la dirección del eje de puntería;
- los ángulos fuera del eje, entre el eje de puntería de la antena de la estación de radioastronomía y las direcciones de los satélites transmisores;
- el tiempo de integración (2 000 s).

2 Cálculo de los niveles de dfpe en las antenas de radioastronomía

La ganancia de recepción de un radiotelescopio en la dirección de un satélite no OSG (a diferencia de un satélite OSG) varía con el tiempo debido principalmente al movimiento del satélite y a la estructura angular fina del diagrama del lóbulo lateral del radiotelescopio. La ganancia del telescopio en la dirección de un satélite es unas veces muy superior a 0 dBi, y otras veces es inferior. Además, en el caso de un sistema no OSG con varios satélites, es necesario incluir todas sus contribuciones y tenerlas en cuenta adecuadamente.

Esto puede hacerse utilizando el concepto de dfpe definido inicialmente para evaluar las condiciones de una posible compartición entre sistemas OSG y no OSG. En el punto siguiente se desarrolla este concepto para el caso de una estación de radioastronomía sometida a la interferencia de satélites no OSG. La definición se basa en el número 22.5C adoptado por la Conferencia Mundial de Radiocomunicaciones (Estambul, 2000) (CMR-2000).

2.1 Definición de dfpe

Cuando una antena recibe potencia dentro de su anchura de banda de referencia, simultáneamente de transmisores situados a distintas distancias, en distintas direcciones y con distintos niveles de dfp incidente, la dfpe es la dfp que, si fuera recibida de un solo transmisor en el campo lejano de la antena en la dirección de ganancia máxima, produciría una potencia a la entrada del receptor igual a la que recibe por combinación de los distintos transmisores.

La dfpe instantánea, expresada en dB(W/m²), se calcula mediante la siguiente fórmula:

$$dfpe = 10 \log_{10} \left(\sum_{i=1}^{N_a} 10^{10 \frac{P_i}{dBW}} \cdot \frac{G_t(\theta_i)}{4\pi d_i^2} \cdot \frac{G_r(\varphi_i)}{G_{r,m\acute{a}x}} \right) \quad (1)$$

siendo:

- N_a : número de estaciones espaciales del sistema no OSG que son visibles desde el radiotelescopio
- i : índice de la estación espacial considerada del sistema no OSG
- P_i : potencia de radiofrecuencia de la emisión no deseada a la entrada de la antena (o la potencia de radiofrecuencia radiada si se trata de una antena activa) de la estación espacial transmisora considerada en el sistema no OSG, en la anchura de banda de referencia (dBW)
- θ_i : ángulo fuera del eje, entre el eje de puntería de la estación espacial transmisora considerada del sistema no OSG y la dirección del radiotelescopio
- $G_t(\theta_i)$: ganancia (expresada como relación) de la antena de transmisión de la estación espacial transmisora considerada del sistema no OSG, en la dirección del radiotelescopio
- d_i : distancia (m) entre la estación transmisora considerada del sistema no OSG y el radiotelescopio
- φ_i : ángulo fuera del eje, entre la dirección de puntería del radiotelescopio y la dirección de la estación espacial transmisora considerada del sistema no OSG
- $G_r(\varphi_i)$: ganancia (expresada como relación) de la antena de recepción del radiotelescopio, en la dirección de la estación espacial considerada del sistema no OSG (véase la Recomendación UIT-R RA.1631)
- $G_{r,m\acute{a}x}$: ganancia máxima (expresada como relación) del radiotelescopio
- $dfpe$: dfpe instantánea en la anchura de banda de referencia en el radiotelescopio (dB(W/m²)).

Para el cálculo de la dfpe en la ecuación (1) se supone que la dfp producida por todas las fuentes interferentes está dirigida al eje de puntería de la antena de recepción, donde la ganancia de la antena es máxima. Sin embargo, los criterios de protección de la radioastronomía se basan en un contorno de 0 dBi de la antena de radioastronomía. Se puede determinar así la dfp producida por todas las fuentes interferentes dirigidas al punto de ganancia de 0 dBi de la antena de recepción:

- A partir de la ecuación (1), la dfpe instantánea dirigida al punto de ganancia de 0 dBi de la antena de recepción, expresada en (W/m²), se obtiene:

$$dfpe_{G_r = 0 \text{ dBi}} = \left(\sum_{i=1}^{N_a} 10^{\frac{P_i}{10}} \cdot \frac{G_t(\theta_i)}{4\pi d_i^2} \cdot G_r(\phi_i) \right) \quad (2)$$

- Los valores de la $dfpe_{G_r = 0 \text{ dBi}}$ instantánea obtenidos de la ecuación (2), promediados para un tiempo de integración de 2000 s, se pueden comparar con los niveles de la dfp, también expresados en W/m² (definidos suponiendo una ganancia de antena de recepción de 0 dBi en la dirección de la interferencia y para este tiempo de integración).

NOTA 1 – Se supone que todos los transmisores están situados en el campo lejano del radiotelescopio (es decir, a más de $2D^2/\lambda$ de distancia, siendo D el diámetro eficaz del radiotelescopio y λ la longitud de onda de observación). Aunque esto no siempre se puede cumplir, se considera una aproximación adecuada.

NOTA 2 – Para algunos telescopios, la dirección de la ganancia máxima (dirección del eje de puntería) tal vez no coincida siempre con el eje geométrico del radiotelescopio.

NOTA 3 – En el caso de las antenas activas, P_i debe considerarse como la potencia de radiofrecuencia radiada, y no como la potencia a la entrada de la antena.

NOTA 4 – La ganancia de antena de la estación de transmisión, $G_t(\theta_i)$, se determina a la frecuencia de la banda de radioastronomía considerada. Podría diferir de la ganancia a las frecuencias de las transmisiones previstas.

Anexo 2

Distribución de los niveles de la dfpe

Este Anexo explica una forma de obtener las estadísticas de la dfpe para todo el cielo.

1 División del cielo en células que tienen aproximadamente el mismo ángulo sólido

El primer paso de este método consiste en dividir el cielo en M anillos paralelos al horizonte, repartidos uniformemente en ángulo de elevación, entre 0° y 90°. El ancho de cada anillo es $90^\circ/M$. El siguiente paso es dividir estos anillos en células con un ancho de acimut que permite obtener un número entero de células por anillo y que es aproximadamente igual a:

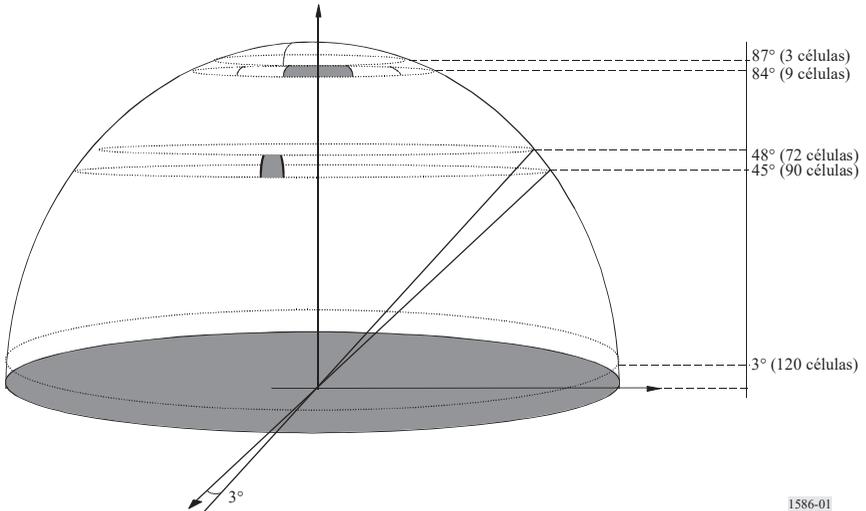
$$\frac{90/M}{\cos(\text{elevación})} \quad \text{grados}$$

La Fig. 1 es un ejemplo de esta división basada en incrementos de 3° de ancho en elevación, lo que resulta en una división del cielo en 30 anillos con un ángulo de elevación de 3°. Por tanto, el ancho en acimut es, aproximadamente:

$$\frac{90/30}{\cos(\text{elevación})} \quad \text{grados}$$

Se trata de la elevación media en un determinado anillo.

FIGURA 1
Ejemplo de división del cielo en células que tienen un ángulo sólido de 9 grados cuadrados aproximadamente



1586-01

De esta forma se divide el cielo en 2334 células, cada una con un ángulo sólido de 9 grados cuadrados aproximadamente. En el Cuadro 1 se indica el número de células de cada anillo en este ejemplo.

CUADRO 1

Ejemplo de división del cielo en células cuadradas con un ángulo sólido de 9 grados cuadrados aproximadamente

Elevación inferior del anillo (grados)	Ángulo sólido del anillo (grados cuadrados)	Ángulo sólido acumulado (grados cuadrados)	Incremento de acimut (grados)	Número de células del anillo	Ángulo sólido de la célula (grados cuadrados)	Número acumulado de células	Porcentaje de ángulo sólido (%)	Ángulo sólido acumulado (%)
0	1 079,51	1 079,51	3	120	9	120	5,23	5,23
3	1 076,55	2 156,05	3	120	8,97	240	5,22	10,45
6	1 070,64	3 226,69	3	120	8,92	360	5,19	15,64
9	1 061,79	4 288,49	3	120	8,85	480	5,15	20,79
12	1 050,04	5 338,53	3	120	8,75	600	5,09	25,88
15	1 035,41	6 373,93	3	120	8,63	720	5,02	30,90
18	1 017,94	7 391,87	3	120	8,48	840	4,94	35,84
21	997,68	8 389,55	3	120	8,31	960	4,84	40,67
24	974,68	9 364,23	3	120	8,12	1 080	4,73	45,40
27	949,01	10 313,24	3	120	7,91	1 200	4,60	50
30	920,75	11 233,99	4	90	10,23	1 290	4,46	54,46
33	889,95	12 123,94	4	90	9,89	1 380	4,31	58,78
36	856,72	12 980,66	4	90	9,52	1 470	4,15	62,93
39	821,14	13 801,81	4	90	9,12	1 560	3,98	66,91
42	783,31	14 585,12	4	90	8,70	1 650	3,80	70,71
45	743,34	15 328,46	4	90	8,26	1 740	3,60	74,31
48	701,32	16 029,79	5	72	9,74	1 812	3,40	77,71
51	657,39	16 687,17	5	72	9,13	1 884	3,19	80,90
54	611,65	17 298,82	5	72	8,50	1 956	2,97	83,87
57	564,23	17 863,06	6	60	9,40	2 016	2,74	86,60
60	515,27	18 378,33	6	60	8,59	2 076	2,50	89,10
63	464,90	18 843,23	6	60	7,75	2 136	2,25	91,35
66	413,25	19 256,48	8	45	9,18	2 181	2,00	93,36
69	360,47	19 616,95	9	40	9,01	2 221	1,75	95,11
72	306,70	19 923,65	10	36	8,52	2 257	1,49	96,59
75	252,09	20 175,74	12	30	8,40	2 287	1,22	97,81
78	196,79	20 372,53	18	20	9,84	2 307	0,95	98,77
81	140,95	20 513,49	24	15	9,40	2 322	0,68	99,45
84	84,73	20 598,21	40	9	9,41	2 331	0,41	99,86
87	28,27	20 626,48	120	3	9,42	2 334	0,14	100

2 Distribución de la dfpe en una célula

Primero se selecciona aleatoriamente la dirección de puntería de la antena del satélite de radioastronomía, que caerá en una de las células del cielo descritas en el punto anterior. Luego se selecciona aleatoriamente el momento inicial de la constelación y se calcula la dfpe para cada muestra de tiempo a lo largo de un tiempo de integración de 2000 s. Se calcula a continuación la dfpe media correspondiente a esta prueba, para las condiciones elegidas de dirección de puntería y momento inicial de la constelación.

Esta operación se repite para obtener una distribución estadística de la dfpe en la célula considerada. La metodología está basada en la realización de varias pruebas, en cada una de las cuales se calcula la dfpe media a lo largo de un intervalo de integración de 2000 s. La distribución será más precisa cuanto mayor sea el número de pruebas. Debe hacerse un número suficiente de pruebas para lograr resultados con el nivel de fiabilidad necesario. En particular, el número de pruebas multiplicado por el tiempo de integración de 2000 s debe ser significativamente mayor que el periodo de la constelación. También es necesario hacer un muestreo estadístico adecuado durante el periodo completo de la constelación. Cuando ya no se observen cambios significativos en la distribución, se podrá concluir que el número de pruebas realizadas es suficiente. Esta verificación se puede realizar automáticamente, formando parte integrante de la simulación, o manualmente, deteniendo la simulación a intervalos regulares.

3 Distribución de la dfpe en las direcciones de puntería más desfavorables (se aplica sólo si los niveles de la dfp de los satélites son constantes para un determinado ángulo de elevación de la antena del satélite de radioastronomía)

La evaluación de las distribuciones de dfpe en las células del cielo se puede simplificar evaluando primero la distribución de la dfpe en las direcciones de puntería más desfavorables. Se puede considerar que estas direcciones de puntería más desfavorables son las direcciones de puntería con la mayor probabilidad de visibilidad de los satélites. Estas direcciones de puntería pueden determinarse según la Recomendación UIT-R S.1257 – Método analítico para calcular las estadísticas de visibilidad y de interferencia a corto plazo de los satélites no geoestacionarios vistos desde un punto situado en la superficie de la Tierra, (ecuaciones (28) y (29)). Para un determinado ángulo de elevación y una determinada constelación de satélites no OSG, esta Recomendación permite calcular el acimut más desfavorable (generalmente hay dos acimuts más desfavorables para una determinada elevación).

Para las células que corresponden a estas direcciones de puntería más desfavorables, se puede calcular la distribución de la dfpe, con un número suficiente de tiempos de integración de 2000 s. Después se puede comparar esta distribución de la dfpe con un nivel umbral de la dfp (definido suponiendo una ganancia de antena de recepción de 0 dBi en la dirección de interferencia y un tiempo de integración de 2000 s).

Para una célula, el porcentaje de tiempo durante el cual se excede un nivel umbral de la dfp puede calcularse como el porcentaje de los periodos de integración de 2000 s en el que la media de la dfp en el radiotelescopio rebasa este nivel umbral de la dfp.

Teniendo en cuenta el criterio del 2% del *recomienda* 2 de la Recomendación UIT-R RA.1513, una comparación entre la distribución de la dfpe y el nivel umbral de la dfp para las células correspondientes a estas direcciones de puntería más desfavorables permite sacar las siguientes conclusiones:

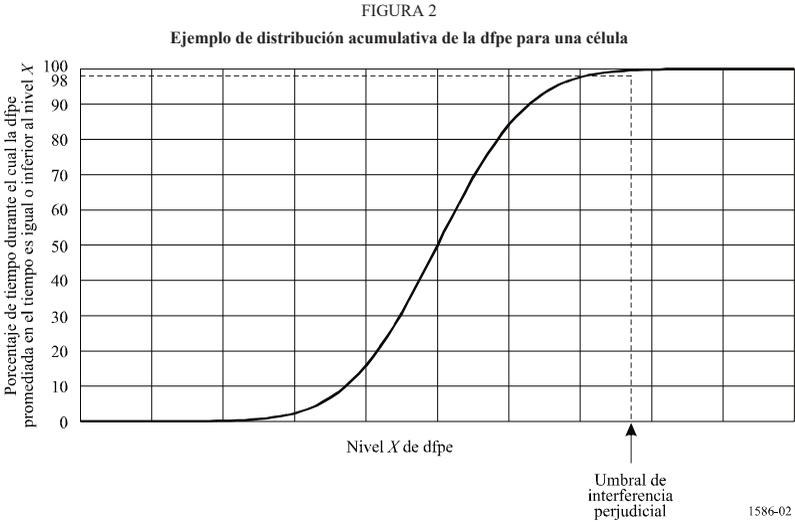
- Si, en todos los M anillos, la dfpe promediada en el tiempo en las direcciones de puntería más desfavorables es inferior o igual al umbral de interferencia perjudicial durante un 98% o más del tiempo (véase la Fig. 2), se cumplen en todo el cielo los criterios de evitación de la interferencia perjudicial.

- Si, en un anillo definido para un determinado ángulo de elevación, la dfpe promediada en el tiempo en las direcciones de puntería más desfavorables es inferior o igual al umbral de interferencia perjudicial durante un 98% o más del tiempo (véase la Fig. 2), se cumplen en todo ese anillo los criterios de evitación de la interferencia perjudicial.
- Si los criterios de interferencia no se cumplen, es necesario hacer una investigación adicional.

La consideración de estas direcciones de puntería más desfavorables proporciona información sobre la posición de las células de caso más desfavorable.

4 Resultados de la distribución de la dfpe

El cálculo de la dfpe descrito en el § 2 proporciona una distribución de los niveles de dfpe para cada célula del cielo, como puede verse en la Fig. 2.



RECOMENDACIÓN UIT-R F.1613-0***

Requisitos de operación y de instalación para sistemas de acceso inalámbrico fijo del servicio fijo en la Región 3 para asegurar la protección de sistemas del servicio de exploración de la Tierra por satélite (activo) y del servicio de investigación espacial (activo) en la banda 5 250-5 350 MHz

(Cuestiones UIT-R 113/9 y UIT-R 218/7)

(2003)

La Asamblea de Radiocomunicaciones de la UIT,

considerando

- a) que la banda de frecuencias 5 250-5 350 MHz está atribuida al servicio de exploración de la Tierra por satélite (SETS) (activo) y al servicio de investigación espacial (SIE) (activo) para sensores activos a bordo de vehículos espaciales y al servicio de radiolocalización a título primario;
- b) que las atribuciones en la banda de frecuencias 5 250-5 350 MHz serán examinadas por la CMR-03 en el punto 1.5 del orden del día con el objetivo de atribuir esta banda en la Región 3 al servicio fijo a título primario;
- c) que algunas administraciones han propuesto utilizar la banda 5 250-5 350 MHz en la Región 3 para sistemas de acceso inalámbrico fijo (FWA, *fixed wireless access*) con licencia en el servicio fijo;
- d) que dichos sistemas FWA operan en exteriores y pueden producir interferencias inaceptables a los servicios SETS/SIE (activos) en la citada banda;
- e) que es preciso especificar requisitos de operación y de instalación para los sistemas FWA en la Región 3 con el fin de proteger los sistemas de sensores activos a bordo de vehículos espaciales,

* Esta Recomendación se elaboró conjuntamente por las Comisiones de Estudio 7 y 9 de Radiocomunicaciones y cualquier futura revisión deberá también realizarse conjuntamente.

** Esta Recomendación debe señalarse a la atención de las Comisiones de Estudio 7 y 8 de Radiocomunicaciones.

observando

a) que se considera aceptable la interferencia producida por los sistemas SETS/SIE (activos) en los sistemas FWA con las características descritas en el Anexo 1,

reconociendo

a) que es difícil que los sistemas FWA y otros tipos de sistemas de acceso inalámbrico (incluidos las redes radioeléctricas de área local (RLAN)) operen simultáneamente en la misma cobertura y con la misma frecuencia,

recomienda

1 que la interferencia global proveniente de los sistemas FWA (suma de la p.i.r.e. en la dirección del satélite) sea inferior a $-7,6$ dB(W/20 MHz) sobre la superficie de la Tierra dentro de la huella del sensor activo espacial del satélite SETS/SIE (véanse las Notas 1, 2 y 3);

2 que se utilice la metodología descrita en el Anexo 1 para estimar el nivel de interferencia global proveniente de los sistemas FWA;

3 que, basándose en las características de sistema FWA presentadas en el Cuadro 4 para la Región 3, se permita una densidad máxima de 23 estaciones base FWA en 220 km² dentro de una huella de sensor activo espacial. Una variación de la p.i.r.e. máxima, del diagrama de antena y del plan de frecuencias implicaría una variación en la densidad máxima permitida de estaciones base FWA;

4 que la p.i.r.e máxima de cada estación FWA no sea superior a 3 dB(W/20 MHz) (véanse las Notas 4 y 5);

5 que las administraciones controlen estos sistemas para asegurar que se cumplen los requisitos de instalación para los sistemas FWA especificados en las *recomienda* anteriores.

NOTA 1 – El nivel de interferencia global se deriva del umbral de interferencia de $-132,35$ dB(W/20 MHz) en el receptor del satélite especificado para el SAR4 del Cuadro 5.

NOTA 2 – La huella del sensor activo del satélite SETS/SIE a la que se hace referencia tiene un área de unos 220 km².

NOTA 3 – La interferencia global proveniente de los sistemas FWA hacia el satélite del sensor activo depende de parámetros tales como la potencia transmitida de los sistemas FWA, la directividad de las antenas y el número de estaciones base FWA que utilizan el mismo canal de RF dentro de la huella del sensor activo espacial.

NOTA 4 – Si la orientación del haz principal es superior a 10° de elevación, se aplicará un límite de p.i.r.e. inferior en 6 dB, es decir, una p.i.r.e. máxima de -3 dB(W/20 MHz).

NOTA 5 – La orientación de las antenas de las estaciones FWA se controlará con el fin de evitar una iluminación directa accidental hacia el satélite debida a un desajustamiento de la antena, por ejemplo, una estación distante que no apunta hacia la estación base.

NOTA 6 – Se desarrollarán nuevas directrices con el fin de facilitar la aplicación de esta Recomendación. Este asunto requiere estudios ulteriores.

Anexo 1

Compartición de frecuencias entre sistemas FWA y sistemas de sensores activos a bordo de vehículos espaciales del SETS por satélite (activo) y del SIE (activo) en la banda 5 250-5 350 MHz

1 Introducción

La banda de frecuencias 5 250-5 350 MHz se considera adecuada para los sistemas FWA del servicio fijo para proporcionar aplicaciones de alta velocidad a servicios de Internet u otros multimedia. Puesto que la banda de frecuencias está atribuida en el Reglamento de Radiocomunicaciones de la UIT al servicio (SETS) (activo) y al SIE (activo) en todo el mundo, es preciso determinar la viabilidad de la compartición entre sistemas FWA y sistemas de los servicios SETS/SIE (activos).

En esta banda de frecuencias están funcionando diversos tipos de radares de apertura sintética (SAR), de altímetros radar y de dispersímetros a bordo de vehículos espaciales de los servicios SETS y SIE (activos).

Este Anexo trata del análisis de la compartición entre sistemas FWA y aquellos sensores activos espaciales que utilizan los parámetros de sistema típicos disponibles actualmente o que se encuentran en la fase de desarrollo.

2 Características técnicas de los sensores activos a bordo de vehículos espaciales

Las características técnicas de los sensores activos espaciales en la banda 5 250-5 350 MHz se muestra en los Cuadros 1 a 3.

CUADRO 1

Características típicas de un SAR espacial en 5,3 GHz

Parámetro	Valor		
	SAR2	SAR3	SAR4
Altitud orbital (km)	600 (circular)	400 (circular)	
Inclinación orbital (grados)	57		
Frecuencia central de RF (MHz)	5 405	5 305	5 300
Potencia radiada de pico (W)	4 800	1 700	
Polarización	Horizontal y vertical (HH, HV, VH, VV)		
Modulación de impulsos	FM compresión lineal		
Anchura de banda del impulso (MHz)	310		40
Duración del impulso (µs)	31	33	

CUADRO 1 (Fin)

Parámetro	Valor		
	SAR2	SAR3	SAR4
Frecuencia de repetición de los impulsos (pps)	4 492	1 395	
Ciclo de trabajo (%)	13,9	5,9	
Relación de compresión de distancia	9 610	10 230	1 320
Tipo de antena (m)	Conjunto plano controlado por fase 1,8 × 3,8	Conjunto plano controlado por fase 0,7 × 12,0	
Ganancia de pico de la antena (dBi)	42,9	42,7/38 (enfocado/desenfocado)	
Ganancia mediana de los lóbulos laterales de la antena (dBi)	-5		
Orientación de la antena (grados)	20-38 desde el nadir	20-55 desde el nadir	
Anchura de haz de la antena (grados)	1,7 (El), 0,78 (Az)	4,9/18,0 (El), 0,25 (Az)	
Polarización de la antena	Horizontal/vertical lineal		
Factor de ruido del receptor	4,62		
Punto de compresión de 1 dB de la etapa de entrada del receptor referida a la entrada del receptor	-62 dBW de entrada		
Máxima potencia considerada a la entrada del receptor (dBW)	+7		
Tiempo de operación	30% de cada órbita		
Tiempo mínimo para la toma de imagen (s)	15		
Zona de servicio	Tierra firme y zonas costeras		
Anchura transversal de la imagen (km)	20	16/320	
Huella (km ²)	159,03	76,5	76,5-220
Anchura de banda del receptor (MHz)	356,5		46,00
Umbral de interferencia (dB)	I/N = -6		

CUADRO 2

Características típicas de un altímetro espacial en 5,3 GHz

Características de la misión Jason	
Tiempo de vida	5 años
Altitud (km)	1 347 ± 15
Inclinación (grados)	66
Características del altímetro Poseidón 2	
Tipo de señal	Modulación de frecuencia lineal con compresión de impulsos
frecuencia de repetición de impulsos (FRI) en banda C (Hz)	300
Duración del impulso (µs)	105,6
Frecuencia de la portadora (GHz)	5,3
Anchura de banda (MHz)	320
Potencia RF de pico transmitida (W)	17
Potencia RF media transmitida (W)	0,54
Ganancia de la antena (dBi)	32,2
Apertura a 3 dB (grados)	3,4
Nivel máximo de lóbulos laterales (dB)	-20
Nivel máximo de lóbulos traseros (dB)	-40
Huella del haz a -3 dB (km)	77
Umbral de interferencia (dBW)	-118

CUADRO 3

Características típicas de un dispersímetro espacial en 5,3 GHz

Parámetro	Valor	
	Dispersímetro 1	Dispersímetro 2
Nombre del sistema	Dispersímetro 1	Dispersímetro 2
Altitud orbital (km)	780	800
Inclinación (grados)	81,5	
Frecuencia central (GHz)	5,3	5,255
Anchura del impulso	70 µs (centro) 130 µs (delante/detrás)	8 ms (centro) 10,1 ms (delante/detrás)
Modulación	CW interrumpida	FM lineal (compresión)
Anchura de banda del transmisor (kHz)	15	500
FRI (Hz)	115 (centro) 98 (delante/detrás)	29,4
Tipo de antena	Guía ranurada	

CUADRO 3 (Fin)

Parámetro	Valor			
Ganancia de la antena (dBi)	31 (centro) 32,5 (delante/detrás)		28,5 (centro) 29,5 (delante/detrás)	
Orientación del haz principal de la antena (grados)	Ángulos de incidencia: 18-47 (centro) 24-57 (delante/detrás)		Ángulos de incidencia: 25,0-54,5 (centro) 33,7-65,3 (delante/detrás)	
Anchura de haz de la antena (-3 dB) en elevación (grados)	24 (centro)	26 (delante/detrás)	23,6 (centro)	23,9 (delante/detrás)
Anchura de haz en azimut (grados)	1,3	0,8	1,1	0,8
Ángulo de elevación del instrumento (grados)	29,3		37,6	
Polarización de la antena	Vertical			
Potencia de pico del transmisor	4,8 kW		120 W	
Factor de ruido del receptor (dB)	3			
Zona de servicio	Zonas oceánicas y costeras, tierra firme			
Umbral de interferencia (dB(W/Hz))	-207			

3 Características técnicas de los sistemas FWA

Deben establecerse los parámetros técnicos de los sistemas FWA para cumplir tanto los requisitos del servicio de Internet de alta velocidad como los criterios de compartición con otros servicios.

Cuando los sistemas FWA han de funcionar en la banda 5 250-5 350 MHz, se deben considerar los puntos siguientes:

- Los sistemas FWA están compuestos de una estación base y de muchas estaciones distantes dentro de la zona de servicio, en otras palabras de una célula. Se supone que todas las estaciones distantes comunican con la estación base sólo durante el intervalo de tiempo asignado (en el caso de acceso múltiple por división en el tiempo (AMDT)) o en los instantes accesibles (en el caso de acceso múltiple con detección de portadora (AMDP)). Esto significa que dentro de una célula sólo está transmitiendo una estación en un determinado instante en el tiempo. Por lo tanto, la densidad de instalación (por km²) de las estaciones base FWA influirá en la interferencia hacia un satélite dotado de un sensor activo.
- La directividad de la antena para ángulos de elevación elevados es importante. Si la antena de las estaciones FWA tiene una discriminación adecuada hacia arriba, la potencia de la interferencia se verá suficientemente reducida.
- La relación de actividad de un grupo de transmisores FWA en una célula puede llegar a ser en el peor caso del 100%.
- Se necesitarán medidas mediante la adjudicación de licencias para controlar la densidad de instalación de los sistemas FWA.

Considerando las características mencionadas anteriormente, se incluyen en el Cuadro 4 ejemplos de parámetros técnicos para sistemas FWA con el fin de iniciar estudios en este Anexo.

Las características elegidas en este análisis son las que dan lugar al peor caso de interferencia a un receptor SAR de banda estrecha. Para este tipo de sistema FWA, si el eje de apuntamiento de la antena se dirige aproximadamente hacia el horizonte para una conexión punto a multipunto, el ángulo desde el eje de puntería será el ángulo de elevación. Para ángulos a partir del nadir de 20° a 55°, los ángulos de elevación de la estación FWA en dirección al SAR espacial varían entre 69° y 30°.

CUADRO 4
Características técnicas del sistema FWA a 5,3 GHz

	Estación base	Estación distante
Banda de frecuencias (MHz)	5 250-5 350	
Modo de operación	Punto a multipunto	
Radio de la célula (km)	1-2	
p.i.r.e/potencia máxima transmitida (W)	2/0,2	2/0,063
Ganancia de la antena/ características	10 dBi/ Recomendación UIT-R F.1336 Diagrama omnidireccional ($k = 0$) (Fig. 1)	15 dBi/ Recomendación UIT-R F.1336 Antena de bajo costo, baja ganancia (Fig. 2)
Anchura de banda (MHz)	20	
Factor de ruido del receptor (dB)	8	
Umbral de interferencia	$I/N = -6 \text{ dB} \text{ ó } -128,8 \text{ dB(W/20 MHz)}$	
Polarización	Vertical u horizontal	
Relación de actividad (%)	90	10

FIGURA 1
Diagrama de antena de la estación base

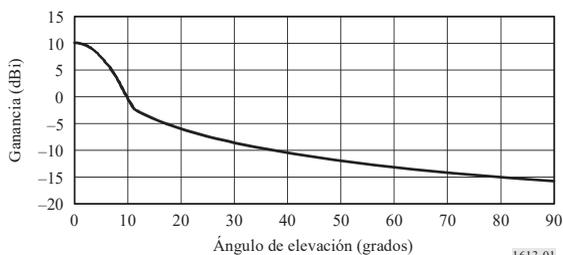
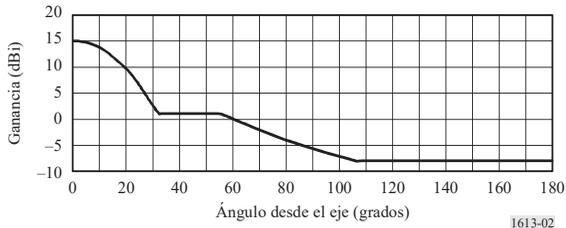


FIGURA 2

Diagrama de antena de la estación distante



4 Compartición de frecuencias entre sensores activos a bordo de vehículos espaciales y sistemas FWA

4.1 Compartición entre SAR y FWA

4.1.1 Interferencia del FWA en el SAR

El Cuadro 5 presenta el resultado de cálculos de interferencia producida por un sistema FWA con los parámetros del Cuadro 4 en el SAR4 del Cuadro 1. Aunque los SAR2, SAR3 y SAR4 tienen un umbral de interferencia equivalente por MHz, el análisis siguiente se refiere al SAR4 que tiene el requisito más exigente en valor absoluto. Al calcular la interferencia, se consideran el efecto de los lóbulos laterales de la antena FWA y el efecto de dispersión en superficies y en edificios. En lo que respecta a la interferencia de los lóbulos laterales proveniente de estaciones distantes, se calcula la p.i.r.e. media hacia el satélite producida por todas las estaciones distantes que rodean a la estación base (véase el Apéndice 1 al Anexo 1). Hay que destacar que en el Cuadro 5 se supone un factor de reutilización de frecuencias de 4.

La dispersión sobre la superficie o la posible dispersión producida por edificios cercanos pueden ser una posible fuente de interferencia. Esto depende de la zona en la que dichos sistemas estén instalados y de la altura a la que se encuentren (encima o en los lados de los edificios, etc). Se puede considerar que los sistemas FWA están presentes en zonas urbanas de alta densidad en las que por definición se producirá dispersión en una amplia gama de objetos, por lo tanto, además de la dispersión en la superficie, se tienen que tener en cuenta esos otros casos. Se podrían en particular considerar edificios modernos de oficinas, que están contruidos de metal, en los que no se puede excluir la posibilidad de una gran reflectividad en la dirección del sensor. Como caso más desfavorable se considera un coeficiente de dispersión de -18 dB. Es posible que haya que revisar esta suposición.

El análisis anterior está basado en la hipótesis de que solo se dispone de transmisores FWA que no utilizan antenas de sector. La presencia de antenas de sector degradaría el escenario de compartición relativo a la dispersión.

El resultado indica que se pueden operar 23 células FWA en la huella del SAR4, en un área de 220 km², manteniéndose la interferencia al receptor del satélite SAR por debajo del nivel aceptable. Si los parámetros de los sistemas FWA son diferentes de los enumerados en el Cuadro 4, incluido el caso en el que se utilicen antenas de sector en las estaciones base, el número de células permitido dentro de la huella del satélite sería diferente. Habría que volver a calcular el Cuadro 5 con los parámetros reales.

CUADRO 5

Interferencia producida por un sistema FWA en el SAR4

Parámetro			20° desde el nadir		55° desde el nadir	
			Valor	dB	Valor	dB
p.i.r.e. interferente debida al lóbulo lateral de la antena FWA	De la estación base	Potencia de pico transmitida (W)	0,2	-7,00	0,2	-7,00
		Ganancia de la antena de transmisión (dBi)		-14,20		-8,80
		Relación de actividad p.i.r.e. (dBW)	90%	-0,46	90%	-0,46
	De la estación distante	Potencia de pico transmitida (W)	0,063	-12,00	0,063	-12,00
		Ganancia media de la antena transmisora (dBi)		-4,96		-2,34
Relación de actividad p.i.r.e. (dBW)		10%	-10,00	10%	-10,00	
p.i.r.e. total debida a los lóbulos laterales (dBW)				-20,54		-15,63
Potencia interferente debida a la dispersión en la superficie	De la estación base	Potencia de pico transmitida (W)	0,2	-7,00	0,2	-7,00
		Relación de actividad	90%	-0,46	90%	-0,46
		Potencia transmitida (dBW)		-7,46		-7,46
	De la estación distante	Potencia de pico transmitida (W)	0,063	-12,00	0,063	-12,00
		Relación de actividad	10%	-10,00	10%	-10,00
		Potencia transmitida (dBW)		-22,00		-22,00
Potencia total transmitida (dBW)				-7,31		-7,31
Coeficiente de dispersión (dB)				-18,00		-18,00
p.i.r.e. total de dispersión (dBW)				-25,31		-25,31
p.i.r.e. total interferente proveniente de una célula (dBW)				-19,29		-15,19
Potencia de interferencia recibida en el SAR	Ganancia de la antena receptora (dBi)			42,70		42,70
	Pérdidas por polarización (dB)			-3,00		-3,00
	Pérdidas por espacio libre (dB)		(427 km)	-159,55	(749 km)	-164,43
	Potencia recibida (dBw)			-139,14		-139,92
Sensibilidad del receptor SAR	Factor de ruido (dB)			4,62		4,62
	kT		$4,0 \times 10^{-21}$	-203,98	$4,0 \times 10^{-21}$	-203,98
	Anchura de banda del receptor (MHz)		20,0	73,01	20,0	73,01
	Potencia de ruido (dBW)			-126,35		-126,35
Umbral de interferencia del SAR ($I/N = -6$ dB) (dBW)				-132,35		-132,35
Número permitido de células FWA	Margen (dB)			6,79		7,57
	Número máximo de células FWA que utilizan el mismo canal de RF en la huella del SAR		4,78		5,71	
	Número máximo de células FWA suponiendo un factor de reutilización de frecuencias de 4		19,1		22,8	

4.1.2 Interferencia del SAR en el FWA

El primer paso para analizar la posible interferencia de un SAR espacial en los sistemas FWA consiste en determinar la potencia de la señal proveniente de los lóbulos laterales del SAR espacial sobre la superficie de la Tierra. Para este análisis se ha utilizado la ganancia mediana de los lóbulos laterales puesto que estos lóbulos laterales tienen una huella sustancialmente mayor que la del haz principal y producirán una interferencia de mayor duración. El Cuadro 6 muestra los niveles de interferencia producidos por los lóbulos laterales del satélite SAR4 en un FWA. Se seleccionó el SAR4 al representar el caso más desfavorable. Este Cuadro muestra un margen positivo del orden de 20 dB y podría constituir un caso de compartición positivo en lo que respecta a los lóbulos laterales.

CUADRO 6
Interferencia de los lóbulos laterales del SAR4 en el FWA

Parámetro	20° desde el nadir		55° desde el nadir	
	Interferencia en la estación base	Interferencia en la estación distante	Interferencia en la estación base	Interferencia en la estación distante
Potencia transmitida (dBW)	32,3		32,3	
Ganancia de la antena transmisora (dBi)	-5,0		-5,0	
Pérdidas por espacio libre (dB)	-159,5 (427 km)		-164,4 (749 km)	
Ganancia de la antena receptora (dBi)	-14,2	-2,2	-8,8	2,3
Pérdidas en el alimentador del FWA (dB)	-5,0	-10,0	-5,0	-10,0
Potencia recibida (dBW)	-151,4	-144,4	-150,9	-144,8
Reducción de anchura de banda (dB)	-3,0		-3,0	
Potencia recibida (dB(W/20 MHz))	-154,4	-147,4	-153,9	-147,8
Umbral de interferencia FWA (dB(W/20 MHz))	-128,8		-128,8	
Margen (dB)	25,6	18,6	25,1	19,0

Sin embargo, la ganancia de pico de la antena es entre 43 y 47,7 dB superior a la ganancia media de los lóbulos laterales de -5 dBi. Por lo tanto, durante el tiempo de sobrevuelo los niveles de interferencia en la superficie estarían por encima del umbral de interferencia del FWA. Aunque se supere el umbral, la frecuencia y la duración de este exceso de interferencia se estiman en una vez cada 8-10 días y de 0,5-1 s por evento, respectivamente.

4.1.3 Resumen

Se ha demostrado que es posible la compartición de frecuencias entre el sistema SAR y un sistema FWA en la banda 5 250-5 350 MHz introduciendo determinados requisitos de operación y de instalación para el sistema FWA. Los sistemas FWA pueden experimentar cortos periodos de tiempo de gran interferencia proveniente de los sistemas SAR durante sus periodos de sobrevuelo. Esta interferencia se considera aceptable, dada la pequeña probabilidad conjunta de que la interferencia SAR y el desvanecimiento para sistemas FWA se produzcan conjuntamente. Sin embargo, se pueden necesitar estudios ulteriores sobre los efectos detallados de las interferencias en sistemas FWA.

4.2 Compartición entre un altímetro espacial y un FWA

4.2.1 Interferencia de un FWA en un altímetro espacial

El Cuadro 7 muestra la interferencia producida por un FWA en un altímetro espacial. El resultado muestra un amplio margen de 42,6 dB con respecto al umbral de -118 dBW y, por lo tanto, se puede concluir que los sistemas FWA no producirán interferencia inaceptable a la operación de los altímetros espaciales.

CUADRO 7

Interferencia producida por un FWA en un altímetro espacial

Parámetro			Desde el nadir	
			Valor	dB
p.i.r.e. interferente debida a los lóbulos laterales de la antena FWA	De la estación base	Potencia de pico transmitida (W)	0,2	-7,00
		Ganancia de la antena transmisora (dBi)		-15,84
		Relación de actividad	90%	-0,46
	De la estación distante	p.i.r.e. (dBW)		-23,30
		Potencia de pico transmitida (W)	0,063	-12,00
		Ganancia media de la antena transmisora (dBi)		-5,71
	Relación de actividad	10%	-10,00	
	p.i.r.e. (dBW)		-27,71	
	p.i.r.e. total debida a los lóbulos laterales (dBW)		-21,96	
Potencia interferente debida a la dispersión en la superficie	De la estación base	Potencia de pico transmitida (W)	0,2	-7,00
		Relación de actividad	90%	-0,46
		Potencia transmitida (dBW)		-7,46
	De la estación distante	Potencia de pico transmitida (W)	0,063	-12,00
		Relación de actividad	10%	-10,00
		Potencia transmitida (dBW)		-22,00
	Potencia total transmitida (dBW)		-7,31	
	Coefficiente de dispersión (dB)		-18,00	
	p.i.r.e. total de dispersión (dBW)		-25,31	
p.i.r.e. total interferente proveniente de una célula (dBW)				-20,31
Potencia interferente recibida en el receptor del altímetro	Ganancia de la antena receptora (dBi)			32,20
	Pérdidas por polarización (dB)			-3,00
	Pérdidas por espacio libre (dB)		(1 347 km)	-169,53
	Potencia recibida (dBW)			-160,64
Umbral de interferencia del altímetro (dBW)				-118,00
Margen (dB)				42,64

4.2.2 Interferencia de un altímetro espacial en un FWA

El Cuadro 8 muestra los niveles de interferencia producidos por el haz principal de un altímetro espacial en una estación base y en una estación distante. Existen en ambos casos márgenes suficientes.

CUADRO 8

Interferencia de un altímetro espacial en un FWA

Parámetro	Hacia el nadir	
	Interferencia en la estación base	Interferencia en la estación distante
Potencia transmitida (dBW)	12,3	
Ganancia de la antena transmisora (dBi)	32,2	
Pérdidas por espacio libre (dB)	-169,5 (1 347 km)	
Ganancia de la antena receptora (dBi)	-15,8	-5,7
Pérdidas en el alimentador del FWA (dB)	-5,0	-10,0
Potencia recibida (dBW)	-145,8	-140,7
Reducción de anchura de banda (20 MHz/320 MHz) (dB)	-12,0	
Potencia recibida (dB(W/20 MHz))	-157,8	-152,7
Umbral de interferencia del FWA (dB(W/20 MHz))	-128,8	
Margen (dB)	29,0	23,9

4.2.3 Resumen

Se ha demostrado que es posible la compartición de frecuencias entre sistemas de altímetros espaciales y sistemas FWA en la banda 5 250-5 350 MHz.

4.3 Compartición entre un dispersímetro y un FWA

4.3.1 Interferencia del FWA en un dispersímetro

El Cuadro 9 muestra un análisis de la interferencia producida por un FWA en el dispersímetro 1. Se ha seleccionado el dispersímetro 1 para representar el caso más desfavorable. El Cuadro 9 muestra que el FWA no produce una interferencia inaceptable.

4.3.2 Interferencia de un dispersímetro en un FWA

El Cuadro 10 muestra un análisis de la interferencia producida por el dispersímetro en un FWA. Los márgenes negativos significan que los sistemas FWA pueden sufrir periodos cortos de gran interferencia durante el sobrevuelo del dispersímetro.

CUADRO 9
Interferencia del FWA en el dispersímetro 1

Parámetro			18° desde el nadir (El: 69,7°)		57° desde el nadir (El: 19,7°)		
			Valor	dB	Valor	dB	
p.i.r.e. interferente debida a los lóbulos laterales de la antena FWA	De la estación base	Potencia de pico transmitida (W)	0,2	-7,00	0,2	-7,00	
		Ganancia de la antena transmisora (dBi)		-14,20		-5,94	
		Relación de actividad p.i.r.e. (BW)	90%	-0,46	90%	-0,46	
	De la estación distante	Potencia de pico transmitida (W)	0,063	-12,00	0,063	-12,00	
		Ganancia media de la antena transmisora (dBi)		-4,93		0,64	
		Relación de actividad p.i.r.e. (dBW)	10%	-10,00	10%	-10,00	
	p.i.r.e. total debida a los lóbulos laterales (dBW)				-20,54		-12,76
	Potencia interferente debida a la dispersión en la superficie	De la estación base	Potencia de pico transmitida (W)	0,2	-7,00	0,2	-7,00
			Relación de actividad	90%	-0,46	90%	-0,46
			Potencia transmitida (dBW)		-7,46		-7,46
De la estación distante		Potencia de pico transmitida (W)	0,063	-12,00	0,063	-12,00	
		Relación de actividad	10%	-10,00	10%	-10,00	
		Potencia transmitida (dBW)		-22,00		-22,00	
Potencia total transmitida (dBW)				-7,31		-7,31	
Coeficiente de dispersión (dB)				-18,00		-18,00	
p.i.r.e. total de dispersión (dBW)				-25,31		-25,31	
p.i.r.e. total interferente proveniente de una célula (dBW)				-19,29		-12,53	
Potencia interferente recibida en el SAR	Ganancia de la antena receptora (dBi)			31,00		32,50	
	Pérdidas por polarización (dB)			-3,00		-3,00	
	Pérdidas por espacio libre (dB)		(825 km)	-165,27	(1 745 km)	-171,78	
	Potencia recibida (dBW)			-156,56		-154,81	
	Potencia recibida (dB(W/Hz))			-229,57		-227,82	
Umbral de interferencia del dispersímetro (dB(W/Hz))				-207,00		-207,00	
Margen (dB)				22,57		20,82	

CUADRO 10
Interferencia del dispersímetro 1 en el FWA

Parámetros	18° desde el nadir (El: 69,7°)		57° desde el nadir (El: 19,7°)	
	Interferencia en la estación base	Interferencia en la estación distante	Interferencia en la estación base	Interferencia en la estación distante
Potencia transmitida (dBW)	36,8		36,8	
Ganancia de la antena transmisora (dBi)	31,0		32,5	
Pérdidas por espacio libre (dB)	-165,3 (825 km)		-171,8 (1 745 km)	
Ganancia de la antena receptora (dBi)	-14,2	-4,9	-5,9	0,6
Pérdidas en el alimentador del FWA (dB)	-5,0	-10,0	-5,0	-10,0
Potencia recibida (dBW)	-116,7	-112,4	-113,4	-111,9
Umbral de interferencia FWA (dBW)	-128,8		-128,8	
Margen (dB)	-12,1	-16,4	-15,4	-16,9

4.3.3 Resumen

Se ha demostrado que es posible la compartición de frecuencias entre sistemas de dispersímetros y sistemas FWA. Los sistemas FWA pueden sufrir periodos de tiempo cortos de gran interferencia proveniente de los sistemas con dispersímetros durante sus periodos de sobrevuelo. Esta interferencia se considera aceptable, dada la pequeña probabilidad de que la interferencia del dispersímetro y el desvanecimiento de los sistemas FWA se produzcan conjuntamente. Sin embargo, pueden ser necesarios estudios ulteriores sobre los efectos detallados de las interferencias en los sistemas FWA.

5 Conclusión

Es posible la compartición de frecuencias entre los servicios SETS/SIE (activos) y los FWA siempre que se controle la instalación de los sistemas FWA de forma que la p.i.r.e. total de interferencia del FWA hacia los satélites SETS/SIE no supere $-7,6$ dB(W/20 MHz) dentro de la huella del sensor activo espacial. Los sistemas FWA pueden sufrir cortos periodos de tiempo con interferencias provenientes de los sistemas de sensores activos espaciales SETS/SIE durante sus periodos de sobrevuelo. Esta interferencia se considera aceptable para esta banda, dada la pequeña probabilidad de que la interferencia del sensor activo y el desvanecimiento de los sistemas FWA se produzcan conjuntamente.

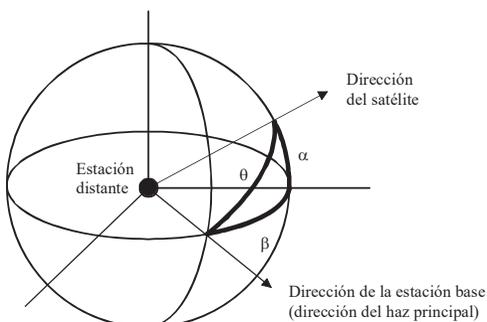
Hay que destacar que estas conclusiones sólo se aplican a la compartición entre sistemas FWA y SETS/SIE (activos) y no tratan de la posible interferencia global a los servicios SETS/SIE (activos) por los efectos de los dispositivos móviles que también pueden estar funcionando en la huella de los satélites SETS/SIE (activos). Sin embargo, estudios han indicado que resulta difícil para el FWA y otros tipos de sistemas de acceso inalámbrico (incluidas las RLAN) funcionar simultáneamente en la misma cobertura y en la misma frecuencia. Este asunto se está estudiando y se supone que no influirá en las conclusiones de esta Recomendación.

**Apéndice 1
al Anexo 1**

Interferencia en un sensor activo espacial producida por los lóbulos laterales de estaciones distantes FWA

En una célula FWA, las estaciones distantes están dispersas alrededor de la estación base. Se supone que las estaciones distantes rodean a la estación base uniformemente en términos de ángulos azimutales observados desde la estación distante. Puesto que el haz principal de las estaciones distantes está dirigido hacia la estación base, el ángulo desde el haz principal de la estación distante es mayor que el ángulo de elevación hacia el satélite SETS/SIE debido a la separación en azimut como se muestra en la Fig. 3.

FIGURA 3
Ángulo a partir del eje del haz: θ hacia el satélite SETS/SIE en la estación distante



1613-03

El ángulo a partir del eje: θ hacia el satélite en la estación distante se calcula mediante la relación siguiente, suponiendo que la elevación de la antena de la estación distante es de 0° :

$$\cos \theta = \cos \alpha \cdot \cos \beta$$

donde:

α : ángulo de elevación hacia el satélite

β : ángulo de separación en azimut entre las direcciones del satélite y de la estación base.

Si se supone que β está distribuido uniformemente entre 0° y 360° , la ganancia media hacia el satélite se calcula como se muestra en el Cuadro 11.

CUADRO 11

Ganancia media de la antena de las estaciones distantes hacia el satélite

Elevación del satélite (grados)	70	30
Ganancia media (dBi)	-4,96	-2,34

Apéndice 2 al Anexo 1

Lista de abreviaturas

AMDP	Acceso múltiple con detección de portadora
AMDT	Acceso múltiple por división en el tiempo
Az	Azimut
BW	Anchura de banda (<i>bandwidth</i>)
EI	Elevación
FM	Modulación de frecuencia
FRI	Frecuencia de repetición de impulsos
FWA	Acceso inalámbrico fijo (<i>fixed wireless access</i>)
RF	Radiofrecuencia
RLAN	Red radioeléctrica de área local (<i>radio local area network</i>)
SAR	Radar de apertura sintética (<i>synthetic aperture radar</i>)
SETS	Servicio de exploración de la Tierra por satélite
SIE	Servicio de investigación espacial

RECOMENDACIÓN UIT-R RA.1631-0

Diagrama de antena de referencia de radioastronomía para uso en el análisis de compatibilidad entre sistemas no OSG y estaciones del servicio de radioastronomía basado en el concepto de dfpe

(Cuestión UIT-R 146/7)

(2003)

La Asamblea de Radiocomunicaciones de la UIT,

considerando

- a) que es necesario determinar los niveles de interferencia que pueden ocurrir en ubicaciones típicas de observatorios, debido a diversas fuentes de interferencia;
- b) que, para determinar estos niveles de interferencia hay que definir un diagrama de antena de referencia;
- c) que la Recomendación UIT-R SA.509 contiene un diagrama de antena de referencia que representa los niveles de ganancia de lóbulo lateral que no se prevé sean excedidos en la mayoría de los ángulos fuera del eje en la mayor parte de las antenas utilizadas en el servicio;
- d) que el diagrama de antena de la Recomendación UIT-R SA.509 es apropiado en algunos análisis de compatibilidad o de compartición;
- e) que, si el diagrama de radiación de la envolvente de cresta indicado en la Recomendación UIT-R SA.509, se usa en la evaluación de la interferencia combinada formada por muchas fuentes de interferencia, la interferencia prevista resultará en valores mayores que los valores que se experimentarían en la práctica;
- f) que la Recomendación UIT-R S.1586 y la Recomendación UIT-R M.1583 proporcionan una metodología basada en el concepto de dfpe definida en el número 22.5C del Reglamento de Radiocomunicaciones para calcular los niveles de emisiones no deseadas producidos por un sistema de satélites no geoestacionarios en las estaciones de radioastronomía;
- g) que es necesario utilizar un diagrama de radiación de antena que represente los niveles promedio de lóbulo lateral para predecir la interferencia a una estación de radioastronomía desde una o más estaciones en rápido movimiento vistas en un ángulo continuamente variable, tales como los sistemas no OSG;
- h) que es preferible una simple fórmula matemática al diagrama de radiación que representa los niveles medios de lóbulo lateral;
- j) que para obtener la dfpe resultante de los niveles de emisiones no deseadas producidos por un sistema de satélites no geoestacionarios en estaciones de radioastronomía, es necesario utilizar la ganancia de antena máxima típica de las estaciones del servicio de radioastronomía (SRA),

recomienda

1 que en ausencia de información particular sobre el diagrama de radiación de la antena de radioastronomía considerada, se utilice el modelo matemático del diagrama de radiación medio que figura a continuación, para los análisis de compatibilidad entre sistemas no OSG y estaciones del SRA para frecuencias por encima de 150 MHz:

$G(\varphi) = G_{m\acute{a}x} - 2,5 \times 10^{-3} \left(\frac{D}{\lambda} \varphi \right)^2$	dBi	para	$0 < \varphi < \varphi_m$
$G(\varphi) = G_1$		para	$\varphi_m \leq \varphi < \varphi_r$
$G(\varphi) = 29 - 25 \log \varphi$	dBi	para	$\varphi_r \leq \varphi < 10^\circ$
$G(\varphi) = 34 - 30 \log \varphi$	dBi	para	$10^\circ \leq \varphi < 34,1^\circ$
$G(\varphi) = -12$	dBi	para	$34,1^\circ \leq \varphi < 80^\circ$
$G(\varphi) = -7$	dBi	para	$80^\circ \leq \varphi < 120^\circ$
$G(\varphi) = -12$	dBi	para	$120^\circ \leq \varphi \leq 180^\circ$

donde:

$$G_{m\acute{a}x} = 20 \log \left(\frac{D}{\lambda} \right) + 20 \log \pi \quad \text{dBi}$$

$$G_1 = -1 + 15 \log \frac{D}{\lambda} \quad \text{dBi}$$

$$\varphi_m = \frac{20\lambda}{D} \sqrt{G_{m\acute{a}x} - G_1} \quad \text{grados}$$

$$\varphi_r = 15,85 \left(\frac{D}{\lambda} \right)^{-0,6} \quad \text{grados}$$

D : diámetro del telescopio (m)

λ : longitud de onda (m);

2 que se adopte el siguiente modelo matemático del diagrama de radiación para una representación más exacta del diagrama de radiación de lóbulo principal para frecuencias por encima de 150 MHz:

$$G(\varphi) = G_{m\acute{a}x} \left[\frac{J_1(2\pi x)}{\pi x} \right]^2 \quad (\text{expresada como una relación no en dB})$$

donde:

$J_1(x)$: función Bessel de primer orden

$$G_{m\acute{a}x} = \left[\frac{4\pi A_{eff}}{\lambda^2} \right]: \text{ganancia máxima (expresada como una relación no en dB)}$$

$A_{eff} = \pi(D/2)^2$: área de la apertura del telescopio (m²)

D : diámetro del telescopio (m)

λ : longitud de onda (m)

y donde:

$$x = \frac{\pi \cdot D \cdot \varphi}{360 \cdot \lambda} \quad \text{con } \varphi, \text{ ángulo fuera del eje de puntería (grados) } (0 \leq \varphi < \varphi_0)$$

φ_0 : primer nulo en este diagrama de antena en $69,88/(D/\lambda)$ (grados) fuera del eje de puntería

y que se adopte el siguiente modelo matemático del diagrama de radiación para una representación más exacta del diagrama de radiación de lóbulos laterales cercanos hasta 1° con respecto al eje de puntería para frecuencias por encima de 150 MHz:

$$G(\varphi) = B \left[\frac{\cos(2\pi x - 3\pi/4 + 0,0953)}{\pi x} \right]^2 \quad (\text{expresada como una relación no en dB})$$

donde:

$$x = \frac{\pi \cdot D \cdot \varphi}{360 \cdot \lambda} \quad \text{con } \varphi, \text{ diámetro del ángulo fuera del eje de puntería (grados) } (\varphi_0 \leq \varphi \leq 1^\circ)$$

D : diámetro del telescopio

λ : longitud de onda

y

$$B = 10^{3,2} \pi^2 ((\pi D/2)/(180 \cdot \lambda))^2$$

Este modelo de haz principal corresponde al caso ideal de rendimiento de la apertura del 100%;

3 que se utilice la siguiente ganancia de antena máxima típica del SRA en el análisis de compatibilidad entre sistemas no OSG y estaciones de antena del SRA.

Banda atribuida al SRA (MHz)	Ganancia de antena máxima típica
150,05-153	44
322-328,6	51
406,1-410	53
608-614	56
1 400-1 427	63
1 610,6-1 613,8	64
1 660-1 670	65
2 690-2 700	69
4 990-5 000	74

Banda atribuida al SRA (GHz)	Ganancia de antena máxima típica
10,6-10,7	81
14,47-14,5	84
15,35-15,4	84
22,21-22,5	87
23,6-24	88
31,3-31,7	90
42,5-43,5	93

El diámetro de antena correspondiente se puede obtener utilizando las siguientes ecuaciones (véase el *recomienda 2*):

$$G_{m\acute{a}x} = \left[\frac{4\pi A_{eff}}{\lambda^2} \right] \quad \text{ganancia máxima (expresada como una relación)}$$

donde:

$A_{eff} = \pi(D/2)^2$: área de la apertura del telescopio (m²)

D : diámetro del telescopio (m)

λ : longitud de onda (m).

RECOMENDACIÓN UIT-R M.1642-2

Metodología para evaluar el valor máximo de la densidad de flujo de potencia equivalente combinada de una estación del servicio de radionavegación aeronáutica procedente de todos los sistemas del servicio de radionavegación por satélite que funcionan en la banda 1 164-1 215 MHz

(2003-2005-2007)

Cometido

Esta Recomendación proporciona una metodología y las características de la antena de referencia para evaluar el nivel máximo de la densidad de flujo de potencia equivalente (dfpe) combinada producida a la entrada de una estación del servicio de radionavegación aeronáutica (SRNA) por todos los sistemas del servicio de radionavegación por satélite (SRNS) que funcionan en cualquier sub-banda de la banda 1 164-1 215 MHz.

La Asamblea de Radiocomunicaciones de la UIT,

considerando

- a) que conforme al Reglamento de Radiocomunicaciones (RR), la banda 960-1 215 MHz está atribuida con carácter primario al servicio de radionavegación aeronáutica (SRNA), en todas las Regiones de la UIT;
- b) que los análisis muestran que las señales del servicio de radionavegación por satélite (SRNS) en la banda 1 164-1 215 MHz pueden diseñarse para no causar interferencia a los receptores DME/TACAN del SRNA que funcionan en esta banda;
- c) que se ha elaborado un criterio de protección para el SRNA, expresado en términos de la densidad de flujo de potencia equivalente (dfpe), el cual se indica en la Recomendación UIT-R M.1639,

reconociendo

- a) que la CMR-2000 introdujo una atribución primaria con igualdad de derechos al SRNS en la banda de frecuencias 1 164-1 215 MHz sujeta a la condición de que el SRNS proteja al SRNA contra la interferencia perjudicial;
- b) que la CMR-03 determinó que la protección del SRNA contra el SRNS puede lograrse si el valor de la densidad del flujo de potencia equivalente (dfpe) producida por todas las estaciones espaciales de todos los sistemas del SRNS (espacio-Tierra) en la banda 1 164-1 215 MHz no rebasa el nivel de $-121,5 \text{ dB(W/m}^2\text{)}$ en cualquier banda de 1 MHz, y adoptó la Resolución 609 (CMR-03) para asegurar que no se supera este nivel;
- c) que el SRNA es un servicio de seguridad, conforme al número 1.59 del RR y que es preciso que las administraciones adopten medidas especiales para proteger estos servicios, conforme a la disposición del número 4.10 del RR,

recomienda

- 1 que se utilice la metodología del Anexo 1 y las características de referencia del SRNA del Anexo 2 para calcular el valor máximo de la dfpe combinada producida por las emisiones de todos los sistemas del SRNS en toda estación de radionavegación aeronáutica.

Anexo 1

Metodología para evaluar el valor máximo de la dfpe combinada de una estación del SRNA procedente de todos los sistemas del SRNS que funcionan en la banda 1 164-1 215 MHz

Resumen del método

Con este método que se describe en este Anexo es posible calcular el nivel máximo de la dfpe combinada de todos los sistemas SRNS en la banda 1 164-1 215 MHz.

Este método permite combinar fácilmente los distintos sistemas, de forma que pueda examinarse durante una reunión de consultas el efecto de modificaciones tales como la inclusión o exclusión de uno o varios sistemas o el efecto de modificar las características de sistemas específicos.

El método da cabida a los sistemas no OSG, con constelaciones de satélite en cualquier órbita de cualquier inclinación, y a los sistemas OSG.

El método se basa en un proceso de dos etapas:

Etapas 1: Cálculo de la dfpe de cada sistema individual del SRNS. Esta etapa puede efectuarla independientemente cada operador antes de la reunión de consultas, siempre que los resultados se presenten en un formato compatible (véase el § 1.3 para los sistemas no OSG y el § 1.4 para los sistemas OSG).

Etapas 2: Combinación del nivel máximo de la dfpe de los sistemas individuales, mediante superposición de los mapas, si es necesario en frecuencias distintas, a fin de obtener el nivel máximo de la dfpe combinada (véase el § 2) en la banda 1 164-1 215 MHz.

Descripción del método

1 Método para calcular la dfpe máxima procedente de los satélites de un sistema del SRNS

1.1 Definición de la dfpe

La definición de la densidad de flujo de potencia equivalente (dfpe) se basa en el número 22.5C.1 del RR adoptado en la CMR-2000.

Cuando una antena recibe potencia en su anchura de banda de referencia, simultáneamente de transmisores situados en distancias distintas, en diversas direcciones y con niveles varios de dfp incidente, la dfpe es la dfp que, si se recibiera desde un único transmisor en el campo lejano de la antena en la dirección de la ganancia máxima, produciría la misma potencia de entrada al receptor que la realmente recibida del conjunto de los diversos transmisores.

La dfpe instantánea se calcula utilizando la fórmula siguiente:

$$dfpe = 10 \log_{10} \left[\sum_{i=1}^{N_a} 10^{\frac{P_i}{10}} \cdot \frac{G_t(\theta_i)}{4\pi d_i^2} \cdot \frac{G_r(\varphi_i)}{G_{r, \text{máx}}} \right]$$

siendo:

N_a : número de estaciones espaciales visibles desde el receptor

i : índice de la estación espacial considerada

- P_i : potencia de RF (en la anchura de banda de referencia) a la entrada de la antena (o potencia radiada de RF en el caso de una antena activa) de la estación espacial transmisora (dB(W/MHz))
- θ_i : ángulo (grados) entre el eje de apuntamiento de la estación espacial transmisora y la dirección del receptor
- $G_t(\theta_i)$: ganancia de la antena transmisora (relación) de la estación espacial en la dirección del receptor
- d_i : distancia (m) entre la estación transmisora y el receptor
- φ_i : ángulo (grados) entre la dirección de apuntamiento del receptor y la dirección de la estación espacial transmisora
- $G_r(\varphi_i)$: ganancia de la antena receptora (relación) del receptor, en la dirección de la estación espacial transmisora (véase el Anexo 2)
- $G_{r, \text{máx}}$: ganancia máxima (relación) del receptor
- $dfpe$: densidad de flujo de potencia equivalente instantánea (dB(W/(m² · MHz))) en el receptor.

NOTA 1 – Se supone que cada transmisor está situado en el campo lejano del receptor (esto es, a una distancia superior a $2D^2/\lambda$, donde D es el diámetro efectivo de la antena del receptor y λ es la longitud de onda observada en la misma unidad). En el caso que se considera, siempre se satisface.

1.2 Consideración general

En la primera etapa del método, se calcula la $dfpe$ máxima para cada constelación de satélites del SRNS en cada latitud y longitud a lo largo de toda la superficie de la Tierra, para cada tramo de 1 MHz de espectro ocupado por el sistema.

Como el receptor del SRNA que sufre la interferencia puede ir montado en una aeronave que vuele a una altitud de hasta 40000 pies (12192 m) (véase el § 2 del Anexo 2), el cálculo debe incluir todos los satélites con ángulos de elevación comprendidos entre 90° y –3,54°.

El cálculo de la distribución de la $dfpe$ de cada sistema sólo es necesario a una única frecuencia de referencia, preferentemente la frecuencia en la que la potencia de la señal es máxima. Debe comunicarse la forma espectral de la señal de SRNS a la reunión de consultas, de forma que los resultados del cálculo puedan entonces multiplicarse por los factores adecuados de conformación espectral para obtener los resultados en cualquier otra frecuencia.

1.3 Método para calcular la $dfpe$ máxima de un sistema del SRNS no OSG

Para este cálculo puede utilizarse la metodología de simulación del Apéndice 1 al Anexo 1, que se basa enteramente en la Recomendación UIT-R S.1325.

La metodología que figura en el Apéndice 2 al Anexo 1 se basa plenamente en una técnica analítica. El método puede utilizarse para obtener estimaciones rápidas, pero no da un resultado exacto del extremo superior.

1.4 Método para calcular la $dfpe$ máxima de un sistema del SRNS OSG

Es preciso calcular la $dfpe$ máxima de cada satélite OSG en cada latitud y longitud a lo largo de toda la superficie de la Tierra para cada tramo de 1 MHz de espectro ocupado por el sistema.

En este caso, la $dfpe$ no dependerá del tiempo, de forma que puede calcularse directamente un cuadro único de resultados.

2 Método para calcular la dfpe máxima combinada procedente de todos los sistemas del SRNS

2.1 Datos necesarios para cada sistema

Si se ha seguido la metodología del § 1.3, cada sistema del SRNS no OSG que no tenga un periodo geosíncrono aportará a la reunión de consultas una relación de los valores máximos de la dfpe en función de la latitud (aplicable a todas las longitudes) y una forma espectral de la señal.

Si se ha seguido la metodología del § 1.3, cada sistema del SRNS no OSG con un periodo geosíncrono, aportará a la reunión de consultas una relación de los valores máximos de la dfpe en función de la latitud y la longitud y una forma espectral de la señal.

Si se ha seguido el método del § 1.4, cada sistema del SRNS OSG aportará a la reunión de consultas un cuadro de los valores máximos de la dfpe en función de la latitud y la longitud y una forma espectral de la señal.

2.2 Combinación de los valores de la dfpe de sistemas con características de señal similares

La determinación de la dfpe combinada de sistemas del SRNS con la misma frecuencia del máximo espectral de la señal puede lograrse utilizando tres pasos:

Paso 1a: Suma punto a punto de los valores máximos de la dfpe en el tramo de 1 MHz de banda en que la señal tiene una potencia máxima en cada latitud de todas las listas de los sistemas no OSG (que no tengan un periodo geosíncrono), a fin de obtener la lista de los valores de la dfpe combinada de sistemas no OSG (que no tengan un periodo geosíncrono) en función de la latitud;

Paso 1b: Suma punto a punto de los valores máximos de las dfpe en el tramo de 1 MHz de banda en que la señal tiene una potencia máxima en cada latitud y longitud de todas las listas de los sistemas no OSG (con un periodo geosíncrono) a fin de obtener la lista de los valores de la dfpe combinada de sistemas no OSG (con un periodo geosíncrono) en función de la latitud y la longitud;

Paso 2: Suma punto a punto de los valores máximos de la dfpe en el tramo de 1 MHz de la banda en que la señal tiene una potencia máxima en cada punto de latitud y longitud de todos los cuadros OSG, para obtener el cuadro de los valores de la dfpe combinada de sistemas OSG en función de la latitud y de la longitud;

Paso 3: Suma punto a punto de la lista de valores de la dfpe combinada de sistemas no OSG (que no tengan un periodo geosíncrono) en función de la latitud y la lista de valores de la dfpe combinada de sistemas no OSG (con un periodo geosíncrono) en función de la latitud y la longitud para cada columna de longitud del cuadro de valores de la dfpe combinada de sistemas OSG en función de la latitud y la longitud, a fin de obtener el cuadro general de valores de la dfpe combinada en función de la latitud y la longitud.

El examen de la dfpe más alta de este cuadro indicará si se respeta el criterio de protección de la Recomendación UIT-R M.1639 en todo tramo de 1 MHz de la banda.

2.3 Combinación de valores de la dfpe de sistemas con características de señal diferentes

Debe señalarse que el valor máximo de la dfpe combinada dependerá de la frecuencia. Si los espectros de los sistemas del SRNS en consideración tienen sus máximos en la misma frecuencia, bastará con un análisis único. No obstante, si los distintos sistemas tienen máximos diferentes, debido a la utilización de frecuencias centrales distintas con espectros que se superponen o porque utilizan técnicas diferentes de modulación, el análisis del valor máximo de la dfpe combinada exigirá tener en cuenta la frecuencia.

La determinación del valor máximo de la dfpe combinada de los sistemas del SRNS con distintas frecuencias centrales exigirá, como mínimo, la realización de los tres pasos anteriores en cada frecuencia para la que cualquiera de los sistemas tiene su máximo espectral de la señal, y puede también exigir un análisis en frecuencias intermedias.

Para cada frecuencia, cada lista o cuadro se ponderará con el factor adecuado de conformación espectral, antes de la suma con otras listas y cuadros.

El examen de la dfpe más alta en todos los cuadros resultantes determinará si se respeta el criterio de protección de la Recomendación UIT-R M.1639 en todo tramo de 1 MHz de la banda.

2.4 Verificación de resultados

Tras la determinación del valor máximo de la dfpe combinada, puede considerarse la posibilidad de realizar una simulación única simultánea de todos los sistemas del SRNS en el emplazamiento de la estación del SRNA en que se determinó la aparición del valor máximo absoluto de la dfpe, para confirmar los resultados obtenidos utilizando el Apéndice 1 ó 2 al Anexo 1.

Apéndice 1 al Anexo 1

Metodología de simulación para determinar la dfpe máxima de un sistema del SRNS no OSG

1 Descripción del método y el enfoque de simulación

El marco de esta metodología basada en la Recomendación UIT-R S.1325 consiste en el establecimiento de un modelo de todos los satélites de un sistema del SRNS en una frecuencia de referencia específica (generalmente en el tramo de 1 MHz de la banda 1 164-1 215 MHz con la máxima densidad espectral de la señal del SRNS). Se muestra una simulación de la constelación durante un periodo de tiempo a un índice relativamente fino. En cada muestra se calcula la dfpe para todos los puntos de latitud y longitud. La muestra máxima debe registrarse para cada punto de latitud y longitud. Pueden descartarse otras muestras. El resultado es un cuadro que puede representarse como un mapa, tal como ilustra las Figs. 5 y 6. Tras esto, se debe determinar la dfpe máxima para cada latitud, con lo que se eliminarán las aproximaciones debidas a la limitación del tiempo de simulación.

2 Hipótesis de la simulación

2.1 Modelo de la órbita

Los modelos de la órbita con el que se simulan las estaciones espaciales en sus órbitas se refieren a órbitas circulares y elípticas, teniendo en cuenta únicamente la precesión de la línea de nodos a lo largo del plano ecuatorial, debida a la esfericidad de la Tierra.

El modelo de la órbita representa el movimiento del satélite en un marco de coordenadas inerciales geocéntricas, tal como se representa en la Fig. 1. El origen de este marco inercial está en el centro de la Tierra. El eje x apunta al primer punto de la constelación de Aries (es decir, el equinoccio vernal), el eje z es el eje de rotación media de la Tierra y el eje y se determina como el producto de los vectores unitarios en la dirección z y la x, es decir, $\vec{y} = \vec{z} \times \vec{x}$.

Los modelos orbitales se basan en la ecuación de Newton del movimiento de un satélite que describe una órbita circular y elíptica alrededor de una Tierra perfectamente esférica. Para los sistemas no OSG que utilizan órbita circular, las características de este movimiento que facilitan el establecimiento del modelo son que el radio orbital del satélite y su velocidad son constantes.

2.1.1 Constantes relacionadas con la Tierra

Para la Tierra, las constantes generales son:

R_e : radio de la Tierra (6378,137 km)

O : centro de la Tierra

μ : constante de rotación de la Tierra ($3,986005 \times 10^5 \text{ km}^3/\text{s}^2$)

J_2 : constante del segundo armónico del potencial de la Tierra ($1\,082,63 \times 10^{-6}$)

T_e : periodo de rotación de la Tierra (23 h 56' 4,0989" = 86 164,0989 s)

Ω_e : velocidad angular de rotación de la Tierra = $2\pi/T_e \cong 7,2921151467 \times 10^{-5} \text{ rad/s}$

t : tiempo transcurrido desde la época simulada (s).

2.1.2 Constantes relacionadas con la estación espacial de un sistema de satélite no OSG

Para las estaciones espaciales de sistemas de satélites no OSG que utilizan órbitas circulares (véase la Fig. 1), las constantes son las siguientes:

N : número de estaciones espaciales del sistema no OSG

i : índice de cada uno de los satélites no OSG ($0 \leq i < N$)

h_{sat} : altitud del satélite sobre la Tierra (km)

r : radio de la órbita del satélite (km) = $h_{sat} + R_e$

I : ángulo de inclinación del plano orbital sobre el ecuador (rad)

RAAN: ascensión recta del nodo ascendente

$\Omega_{i,0}$: RAAN del i -ésimo satélite no OSG en el instante t (rad)

$u_{i,0}$: argumento de la latitud del i -ésimo satélite no OSG en el instante t (rad)

T : periodo orbital del satélite (s) = $2\pi (r^3/\mu)^{1/2}$

n : movimiento medio de un satélite (rad/s) = $2\pi/T$

$u_{i,t}$: argumento de la latitud del i -ésimo satélite en el instante t (rad) = $u_{i,0} + n_t$

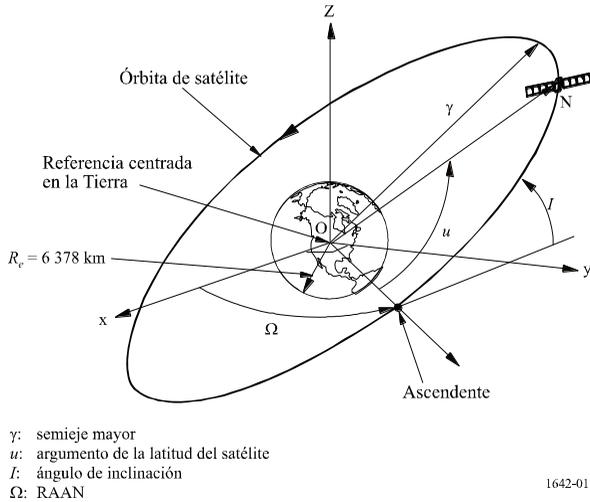
Ω_r : regresión nodal del nodo ascendente (rad/s) = $-\frac{3}{2} J_2 \cos(I) R_e^2 \frac{\sqrt{r\mu}}{r^4}$

$\Omega_{i,t}$: RAAN del i -ésimo satélite en el instante t (rad) = $\Omega_{i,0} + \Omega_r t$

\vec{ON}_i : vector de coordenadas (sistema de coordenadas inercial) de un satélite no OSG en el marco de coordenadas fijas centrado en la Tierra:

$$\vec{ON}_i = \begin{bmatrix} x_i \\ y_i \\ z_i \end{bmatrix} = r \begin{bmatrix} \cos(u_{i,t}) \cdot \cos(\Omega_{i,t}) - \cos(I) \cdot \sin(u_{i,t}) \cdot \sin(\Omega_{i,t}) \\ \cos(u_{i,t}) \cdot \sin(\Omega_{i,t}) + \cos(I) \cdot \sin(u_{i,t}) \cdot \cos(\Omega_{i,t}) \\ \sin(u_{i,t}) \cdot \sin(I) \end{bmatrix}$$

FIGURA 1
Geometría de la órbita circular



1642-01

Para las estaciones espaciales del sistema de satélites no OSG que utilizan órbitas elípticas (véanse las Figs. 2 y 3), las constantes son las siguientes:

- N : número de estaciones espaciales del sistema de satélites no OSG
- i : índice de cada uno de los satélites no OSG ($0 \leq i < N$)
- a_i : semieje mayor del i -ésimo satélite (km)
- e_i : excentricidad del i -ésimo satélite
- $M_{i,0}$: anomalía media del i -ésimo satélite no OSG en el instante inicial (rad)
- T_i : periodo orbital del i -ésimo satélite (s) $= 2\pi(a_i^3 / \mu)^{1/2}$
- n_i : movimiento medio del i -ésimo satélite (rad/s) $= 2\pi/T_i$
- $v_{i,t}$: anomalía verdadera del i -ésimo satélite en el instante $t = 2 \cdot \text{tg}^{-1} \left[\sqrt{\frac{1+e_i}{1-e_i}} \text{tg} \frac{E_{i,t}}{2} \right]$
- $E_{i,t}$: anomalía excéntrica del i -ésimo satélite en el instante $t = 2 \cdot \text{tg}^{-1} \left[\sqrt{\frac{1-e_i}{1+e_i}} \text{tg} \left(\frac{v_{i,t}}{2} \right) \right]$
- $M_{i,t}$: anomalía media del i -ésimo satélite en el instante $t = M_{i,0} + n_i \cdot t = E_{i,t} - e_i \cdot \text{sen} E_{i,t}^*$
- I_i : ángulo de inclinación del plano orbital por encima del ecuador del i -ésimo satélite (rad)

* Una vez obtenido $M_{i,t}$, $E_{i,t}$ se determina mediante iteración. Normalmente para intervalos de tiempo breves puede utilizarse como estimación inicial el último valor de $E_{i,t}$.

RAAN: ascensión recta del nodo ascendente

$\Omega_{i,0}$: RAAN de cada i -ésimo satélite no OSG en el instante inicial (rad)

$\omega_{i,0}$: argumento del perigeo de cada i -ésimo satélite no OSG en el instante inicial (rad)

$u_{i,t}$: argumento de la latitud del i -ésimo satélite en el instante t (rad) = $\omega_{i,0} + v_{i,t}$

Ω_{ri} : regresión nodal del nodo ascendente del i -ésimo satélite (rad/s)

$$= -\frac{3}{2} J_2 \cos(I_i) R_e^2 \frac{\sqrt{a_i \mu}}{a_i^4 (1 - e_i^2)^2}$$

$\Omega_{i,t}$: RAAN del i -ésimo satélite en el instante t (rad) = $\Omega_{i,0} + \Omega_{ri} t$

$\vec{ON}_{i,t}$: vector de coordenadas (sistema de coordenadas inercial) del i -ésimo satélite no OSG en el sistema de coordenadas fijas centrado en la Tierra en el instante t :

$$\vec{ON}_{i,t} = \text{rot3}(-\Omega_{i,t}) \cdot \text{rot1}(-I_i) \cdot \text{rot3}(-\omega_{i,0}) \cdot \vec{r}_{i,t}$$

$\text{rot1}(\alpha)$: rotación en torno al eje x

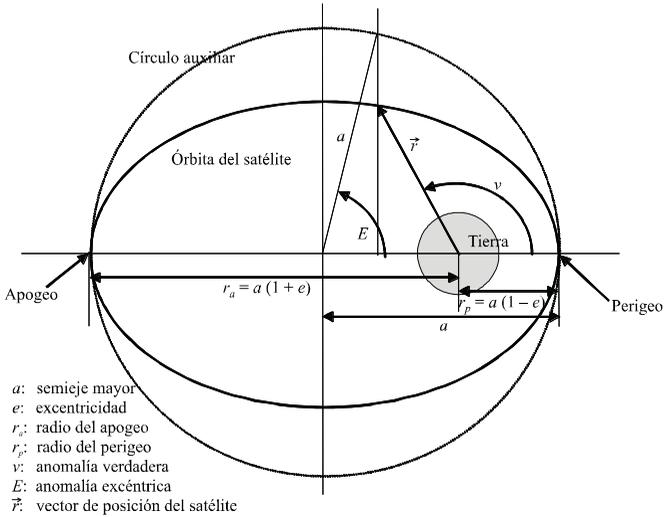
$$\text{rot1}(\alpha) = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & \cos \alpha & \text{sen} \alpha \\ 0 & -\text{sen} \alpha & \cos \alpha \end{bmatrix}$$

$\text{rot3}(\alpha)$: rotación en torno al eje z

$$\text{rot3}(\alpha) = \begin{bmatrix} \cos \alpha & \text{sen} \alpha & 0 \\ -\text{sen} \alpha & \cos \alpha & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

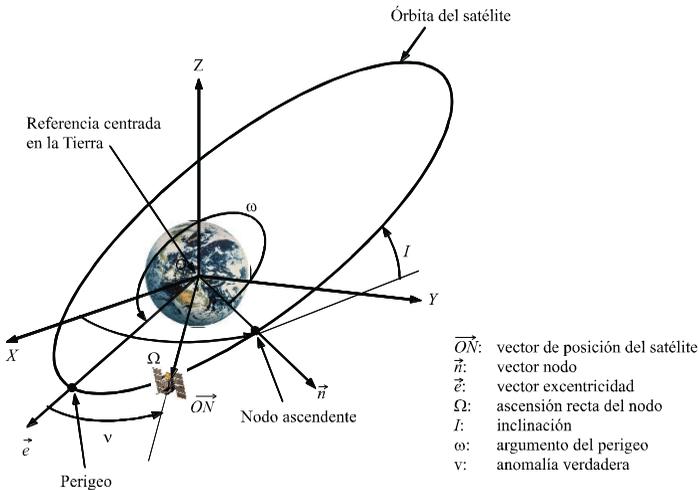
$$\vec{r}_{i,t}: \vec{r}_{i,t} = r_{i,t} \begin{bmatrix} \cos v_{i,t} \\ \text{sen} v_{i,t} \\ 0 \end{bmatrix} = \frac{a(1 - e^2)}{1 + e_i \cdot \cos v_{i,t}} \cdot \begin{bmatrix} \cos v_{i,t} \\ \text{sen} v_{i,t} \\ 0 \end{bmatrix}$$

FIGURA 2
Geometría de la órbita elíptica en el plano focal



1642-02

FIGURA 3
Geometría de la órbita elíptica en un sistema de coordenadas inercial



1642-03

Puede considerarse la perturbación no OSG al calcular las constantes relacionadas con la constelación no OSG, pues la posición puede variar al tener en cuenta la perturbación.

2.1.3 Constantes relacionadas con la estación del SRNA

- Lat: latitud de la estación del SRNA (rad)
 Lon: longitud de la estación del SRNA (rad)
 h_{SRNA} : altitud de la estación del SRNA (km)
 \vec{OM} : coordenadas de la estación del SRNA en un sistema de coordenadas inercial centrado en la Tierra

$$\vec{OM} = \begin{cases} X = (R_e + h_{SRNA}) \cos(\text{Lat}) \cos(\text{Lon} + \Omega_e t) \\ Y = (R_e + h_{SRNA}) \cos(\text{Lat}) \sin(\text{Lon} + \Omega_e t) \\ Z = (R_e + h_{SRNA}) \sin(\text{Lat}) \end{cases}$$

2.2 Parámetros de la antena

2.2.1 Parámetros de la antena de la estación del SRNA

El diagrama de la antena para esta estación del SRNA es un parámetro de entrada de la simulación (véase el Anexo 2).

2.2.2 Parámetros de la antena de la estación espacial no OSG

A fin de realizar el análisis de interferencia, debe establecerse un modelo de las antenas de satélite no OSG utilizando algunos de los parámetros siguientes, según la disponibilidad:

- diagramas de antena medidos;
- diagramas de antena de referencia propuestos;
- una función analítica que establezca un modelo del diagrama de radiación de la antena del satélite no OSG.

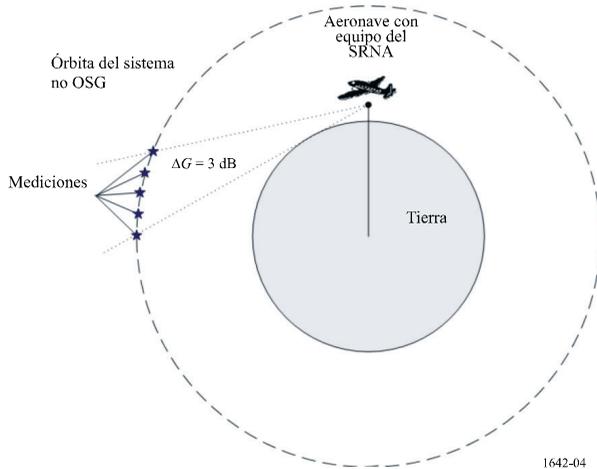
2.3 Cálculo del tiempo de simulación

2.3.1 Incremento temporal de la simulación

Para obtener resultados precisos, el incremento temporal de la simulación, t_{inc} , debe ser lo más corto posible, pero por otro lado, el tiempo de simulación debe ser razonable. A fin de obtener la precisión requerida, es necesario asegurar la realización de un número suficiente de mediciones de la dfpe (N_{hits}) cuando el vehículo espacial del SRNS no OSG entra dentro del diagrama de antena del SRNA con la ganancia máxima visible para una estación espacial. Se considera que un valor $N_{hits} = 5$ es suficiente.

La ganancia máxima visible para una estación espacial se produce a un ángulo de elevación comprendido entre $-3,54^\circ$ y $+3^\circ$ (Anexo 2) en el caso de una aeronave a 40 000 pies (12 192 m). Es importante que haya 5 mediciones (N_{hits}) en esta gama, lo que implica que unos incrementos de simulación de 1° del movimiento de la constelación son suficientes.

FIGURA 4
Consideración del incremento temporal de la simulación



2.3.2 Tiempo de simulación total

Un satélite de una constelación no OSG en cualquier órbita traza un trayecto en la superficie de la Tierra. Tras un cierto tiempo, que es específico del sistema, el satélite u otros satélites de la constelación vuelven al mismo punto o prácticamente al mismo. El tiempo entre estos dos casos es el periodo de repetición de la constelación. Los periodos de repetición de las distintas constelaciones oscilan entre algunos días y varios meses. En la Fig. 5 se ilustran los resultados típicos del cálculo de la dfpe de un sistema del SRNS a lo largo del periodo de repetición de una constelación.

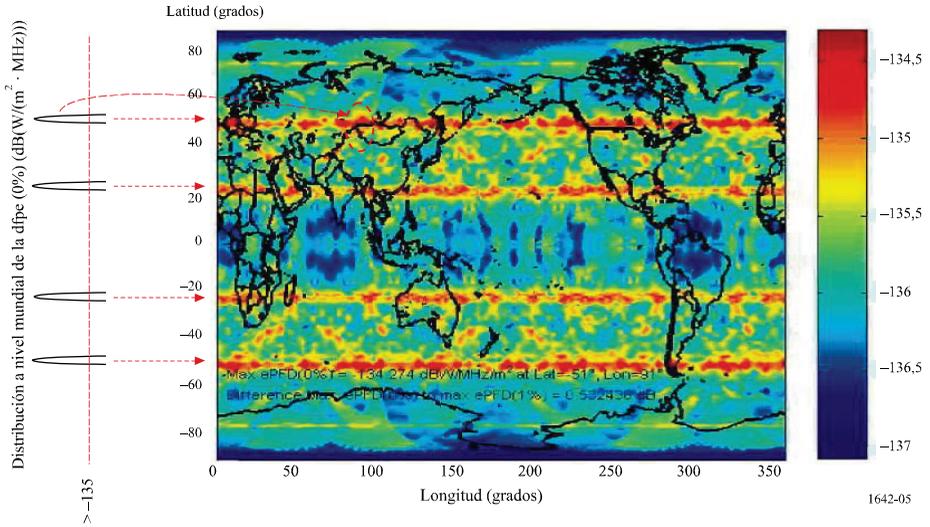
El índice exacto de precesión de la longitud de los satélites de una constelación no OSG resultará afectado por las derivas debidas a los errores de mantenimiento en posición longitudinal. Puede establecerse un modelo de este efecto e integrarse en las simulaciones.

Para el caso de sistemas no OSG que no tengan periodo geosíncrono, el efecto mencionado hará que la dfpe máxima en cualquier longitud pase a ser, de hecho, la dfpe máxima en todas las longitudes (dicho de otra manera, si hubiera que ampliar la simulación para abarcar todos los estados posibles de la constelación, los «puntos rojos» de la dfpe máxima en el mapa de la Fig. 5 se extenderían horizontalmente convirtiéndose en franjas horizontales uniformes). Se considera por tanto más adecuado tomar, en cada latitud, la dfpe máxima para cualquier longitud y utilizarla con todas las longitudes. De esta manera se convierte el cuadro de la dfpe máxima en función de la latitud y la longitud en una simple relación de valores máximos de la dfpe en función de la latitud.

Si se hace así, el tiempo de simulación puede reducirse a un solo periodo orbital en el caso de sistemas no OSG que no tengan periodo geosíncrono. El «mapa» producido por una simulación limitada de este tipo mostrará únicamente algunos «puntos rojos», pero en cada latitud, el valor de los «puntos rojos» que representan la dfpe máxima para cada longitud, será el mismo.

Como consecuencia, el volumen de información que debe presentarse a la reunión de consultas se reduciría considerablemente.

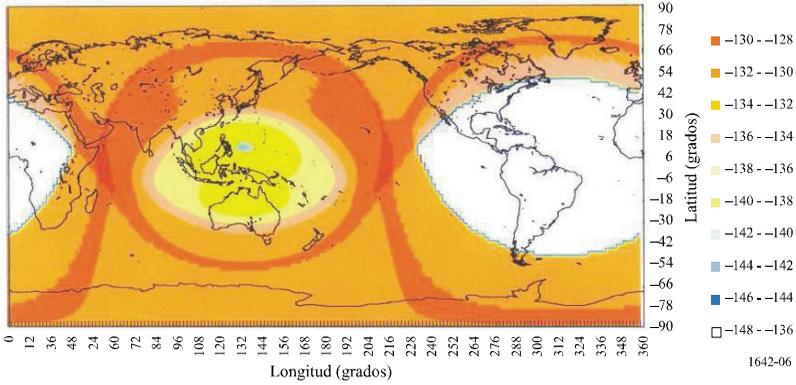
FIGURA 5
Ejemplo de distribución a nivel mundial de la dfpe máxima



Por otro lado, los sistemas no OSG con periodo geosíncrono producen trazas en el suelo confinadas a una gama de longitudes limitada en la superficie de la Tierra. Ello dará lugar a que los «puntos rojos» de máxima dfpe aparezcan únicamente en una zona limitada de la superficie de la Tierra. (En otras palabras, los «puntos rojos» de máxima dfpe en la superficie de la Tierra no se extenderían horizontalmente). Por lo tanto, la dfpe combinada causada por los sistemas no OSG con periodo geosíncrono, deberá calcularse para los puntos de latitud y longitud situados dentro de la gama visible desde el satélite no geoestacionario.

En el caso de un sistema no OSG con periodo geosíncrono, el cálculo se realizaría considerando un solo periodo orbital. En la Fig. 6 se muestran los resultados típicos del cálculo de dfpe para un sistema no OSG con periodo geosíncrono.

FIGURA 6
Ejemplo de la distribución mundial de valores máximos de dfpe para un sistema no OSG con periodo geosíncrono



Apéndice 2 al Anexo 1

Metodología típica para evaluar la dfpe máxima de un único sistema del SRNS con funcionamiento en la banda 1164-1215 MHz

1 Introducción

El objeto de esta metodología es mostrar la forma de evaluar la dfpe máxima de un único sistema del SRNS.

La definición de la dfpe figura en el § 1.1 del Anexo 1.

2 Descripción de la metodología

Si se supone que las constelaciones de sistemas del SRNS no OSG se componen de una serie de planos orbitales, lo más probable es que, en cualquier plano particular, un satélite como máximo por plano tendrá un ángulo de elevación comprendido entre $-3,54^\circ$ a $+3^\circ$ en el diagrama de antena del SRNA (véase el Anexo 2). Además, para los sistemas no OSG, es probable que, cuando un satélite esté dentro del diagrama de antena del SRNA con la ganancia máxima visible para una estación espacial, otros satélites del plano aporten una contribución a la dfpe relativamente insignificante. Por consiguiente, el número de satélites con una contribución significativa a la dfpe combinada de un sistema SRNS probablemente sea inferior o igual al número de planos orbitales del sistema. Utilizando estas hipótesis, se puede formular la dfpe máxima ($dfpe_{m\acute{a}x}$) de la constelación del SRNS no OSG de la siguiente manera:

$$dfpe_{m\acute{a}x} = 10 \log N_p + dfpe_{i, m\acute{a}x} \quad \text{dB(W)/(m}^2 \cdot \text{MHz)}$$

siendo:

N_p : máximo número de satélites en el haz principal de la antena receptora del SRNA (normalmente, el número de planos orbitales de la constelación)

$dfpe_{i, \text{máx}}$: contribución máxima a la dfpe de un solo satélite (dB(W/(m² · MHz))).

3 Ejemplos no OSG

Para una contribución a la dfpe máxima de un solo satélite de $-136,9$ dB(W/(m² · MHz)) con una constelación del SRNS no OSG de seis planos utilizando la ecuación del § 2, la $dfpe_{\text{máx}}$ es:

$$dfpe_{\text{máx}} = (-136,9) + 10 \log 6 = -129,12 \quad \text{dB(W/(m}^2 \cdot \text{MHz))}$$

Un cálculo similar, con una contribución a la dfpe máxima de un solo satélite de $-130,24$ dB(W/(m² · MHz)), en una constelación del SRNS no OSG de tres planos y utilizando la ecuación del § 2, da una dfpe máxima de $-125,47$ dB(W/(m² · MHz)).

Estos valores guardan una gran concordancia con los del método de simulación del Apéndice 1 al Anexo 1, con una diferencia únicamente de 1,2 dB.

Anexo 2

Características de la estación de referencia del SRNA que se utilizan en el cálculo de la dfpe

1 Características de la antena del SRNA

El Cuadro 1 da la ganancia de la antena para valores de elevación comprendidos entre -90° y 90° . Para valores de elevación comprendidos entre estos dos valores del Cuadro 1 debe utilizarse una interpolación lineal. El valor de la $G_r, \text{máx}$ es de 3,4 dBi, tal como se especifica en la Recomendación UIT-R M.1639, incluyendo 2 dB de desajuste de la polarización circular/lineal. Se supone que el diagrama de elevación y ganancia es el mismo para todos los ángulos acimutales.

CUADRO 1

Ángulo de elevación (grados)	Ganancia de antena incluyendo el desajuste de polarización circular/lineal $G_l/G_r, \text{máx}$ (dB)	Ángulo de elevación (grados)	Ganancia de antena incluyendo el desajuste de polarización circular/lineal $G_l/G_r, \text{máx}$ (dB)	Ángulo de elevación (grados)	Ganancia de antena incluyendo el desajuste de polarización circular/lineal $G_l/G_r, \text{máx}$ (dB)
-90	-17,22	22	-10,72	57	-15,28
-80	-14,04	23	-10,81	58	-15,49
-70	-10,51	24	-10,90	59	-15,67
-60	-8,84	25	-10,98	60	-15,82
-50	-5,40	26	-11,06	61	-16,29
-40	-3,13	27	-11,14	62	-16,74
-30	-0,57	28	-11,22	63	-17,19

CUADRO 1 (Fin)

Ángulo de elevación (grados)	Ganancia de antena incluyendo el desajuste de polarización circular/lineal $G_r/G_r, \text{máx}$ (dB)	Ángulo de elevación (grados)	Ganancia de antena incluyendo el desajuste de polarización circular/lineal $G_r/G_r, \text{máx}$ (dB)	Ángulo de elevación (grados)	Ganancia de antena incluyendo el desajuste de polarización circular/lineal $G_r/G_r, \text{máx}$ (dB)
-20	-1,08	29	-11,29	64	-17,63
-10	0,00	30	-11,36	65	-18,06
-5	-1,21	31	-11,45	66	-18,48
-3	-1,71	32	-11,53	67	-18,89
-2	-1,95	33	-11,60	68	-19,29
-1	-2,19	34	-11,66	69	-19,69
0	-2,43	35	-11,71	70	-20,08
1	-2,85	36	-11,75	71	-20,55
2	-3,26	37	-11,78	72	-20,99
3	-3,66	38	-11,79	73	-21,41
4	-4,18	39	-11,80	74	-21,80
5	-4,69	40	-11,79	75	-22,15
6	-5,20	41	-12,01	76	-22,48
7	-5,71	42	-12,21	77	-22,78
8	-6,21	43	-12,39	78	-23,06
9	-6,72	44	-12,55	79	-23,30
10	-7,22	45	-12,70	80	-23,53
11	-7,58	46	-12,83	81	-23,44
12	-7,94	47	-12,95	82	-23,35
13	-8,29	48	-13,05	83	-23,24
14	-8,63	49	-13,14	84	-23,13
15	-8,97	50	-13,21	85	-23,01
16	-9,29	51	-13,56	86	-22,88
17	-9,61	52	-13,90	87	-22,73
18	-9,93	53	-14,22	88	-22,57
19	-10,23	54	-14,51	89	-22,40
20	-10,52	55	-14,79	90	-22,21
21	-10,62	56	-15,05		

2 Emplazamiento de la estación del SRNA

Debe tomarse la altitud de la estación del SRNA del caso más desfavorable (40 000 pies, es decir 12 192 m), lo que da la visibilidad máxima de los satélites potencialmente interferentes desde la antena receptora del SRNA.

RECOMENDACIÓN UIT-R M.1643-0*

Requisitos técnicos y operacionales de las estaciones terrenas de aeronave del servicio móvil aeronáutico por satélite incluidas las que utilizan transpondedores de redes del servicio fijo por satélite en la banda de frecuencias 14-14,5 GHz (Tierra-espacio)

(2003)

Cometido

Esta Recomendación proporciona los requisitos técnicos y operacionales relativos a estaciones terrenas de aeronave del servicio móvil aeronáutico por satélite (SMAS), incluidas las que utilizan transpondedores de redes del SFS en la banda 14-14,5 GHz (Tierra-espacio), que las administraciones deben utilizar como directrices técnicas para el establecimiento de requisitos de conformidad de estaciones terrenas de aeronave y concesión de licencias para utilización a nivel mundial de dichas estaciones.

La Asamblea de Radiocomunicaciones de la UIT,

considerando

- a) que se han diseñado redes del servicio móvil aeronáutico por satélite (SMAS), técnica y operacionalmente diferentes entre sí, cuya explotación se iniciará en un futuro próximo;
- b) que las redes planificadas del SMAS pueden proporcionar con carácter global acceso a diversas aplicaciones de comunicaciones de banda ancha (Internet, correo electrónico, redes corporativas) desde y hacia aeronaves;
- c) que las estaciones terrenas de aeronaves funcionarán a bordo de aeronaves de aerolíneas nacionales e internacionales en todo el mundo;
- d) que la circulación de estaciones terrenas de aeronaves es generalmente un asunto sujeto a diversas consideraciones reglamentarias de carácter nacional e internacional, incluyendo la conformidad con normas técnicas y requisitos de explotación mutuamente acordados;
- e) que es necesario identificar los requisitos técnicos y operacionales de las pruebas de conformidad de estaciones terrenas de aeronave;
- f) que la identificación de requisitos técnicos y operacionales aplicables a estaciones terrenas de aeronave proporciona una base técnica común para la realización de pruebas de conformidad de dichas estaciones terrenas por parte de las autoridades nacionales e internacionales y para el desarrollo de disposiciones para el reconocimiento mutuo de conformidad de estaciones terrenas de aeronave;
- g) que los requisitos técnicos y operacionales deben permitir un equilibrio aceptable entre la complejidad de los equipos de radio y la necesidad de una utilización eficiente del espectro de radiofrecuencia,

* NOTA – La Delegación Árabe representada en la AR-03 reserva su posición sobre esta Recomendación y no está dispuesta a aceptar ninguna repercusión en el punto 1.11 del orden del día de la CMR-03.

considerando asimismo

- a) que en la banda de frecuencias 14-14,5 GHz existen atribuciones primarias al SFS (Tierra-espacio), al servicio de radionavegación, los servicios fijo y móvil (excepto el servicio móvil aeronáutico); que los servicios con atribución secundaria en la banda de 14-14,5 GHz, o en parte de ella, incluyen el servicio móvil por satélite (excepto el servicio móvil aeronáutico) (Tierra-espacio), el servicio de investigación espacial, el servicio de radioastronomía (SRA), y el servicio de radionavegación por satélite;
- b) que todos los servicios primarios y los servicios preexistente deben estar completamente protegidos de los servicios secundarios en la banda de 14-14,5 GHz;
- c) que los resultados de estudios realizados de conformidad con la Resolución 216 (Rev.CMR-2000) han mostrado la viabilidad de que el SMAS (Tierra-espacio) utilice la banda 14-14,5 GHz sobre la base de una atribución secundaria bajo ciertas condiciones y disposiciones¹;
- d) que la identificación por parte del UIT-R de requisitos técnicos y operacionales para las estaciones terrenas de aeronave que funcionen en la banda 14-14,5 GHz, puede ayudar a que las administraciones eviten que se produzca interferencia perjudicial y/o inadmisibles sobre otros servicios;
- e) que las características técnicas y operacionales deben ser mensurables y controlables de forma continuada,

recomienda

- 1 que las administraciones utilicen los requisitos técnicos y operacionales¹ relativos a las estaciones terrenas de aeronave de las redes del SMAS que funcionan en la banda 14-14,5 GHz de los Anexos 1 y 2 como directrices para:
- el establecimiento de requisitos de conformidad de estaciones terrenas de aeronave;
 - facilitar la explotación de estaciones terrenas de aeronave.

¹ Las características de las estaciones terrenas de aeronave típicas deben satisfacer los requisitos descritos en la presente Recomendación y, además, deben ser conformes a las publicadas inicialmente en la Circular Internacional de Información sobre Frecuencias (BR IFIC) relativas a la correspondiente red del SFS. Si dichas características no se ajustan a las de la publicación inicial, debe efectuarse la necesaria coordinación de dicha estación terrena de aeronave de conformidad con las actuales disposiciones del Reglamento de Radiocomunicaciones (RR) y una Regla de Procedimiento modificada contenida en el § 2 de las Reglas de Procedimiento relativas al número 11.32 del RR, según el caso.

Anexo 1

Requisitos técnicos y operacionales de las estaciones terrenas de aeronave de las redes del SMAS en la banda de frecuencias 14-14,5 GHz (Tierra-espacio)

Parte A

Requisitos esenciales para la protección de redes del SFS

1 Las redes del SMAS deben coordinarse y explotarse de tal forma que los niveles de la p.i.r.e. agregada fuera del eje producida por todas las estaciones terrenas de aeronave de redes del SMAS que utilicen la misma frecuencia no superen los niveles de interferencia que hayan sido publicados y coordinados para las estaciones terrenas específicas y/o típicas pertenecientes a redes del SFS donde se utilizan transpondedores del SFS.

2 El diseño, coordinación y explotación de una estación terrena de aeronave debe tener en cuenta, por lo menos, los factores siguientes que pueden modificar los niveles de p.i.r.e. agregada fuera del eje producida por las estaciones terrenas de aeronave:

2.1 el apuntamiento incorrecto de las antenas de las estaciones terrenas de aeronave. Cuando es aplicable incluye, por lo menos, los efectos causados por la polarización y el retardo de sus sistemas de apuntamiento, los errores de seguimiento de sistemas de seguimiento en bucle cerrado, el alineamiento incorrecto entre las aperturas del transmisor y del receptor en el caso de sistemas que utilicen aperturas separadas, y el alineamiento incorrecto entre los sistemas alimentadores de transmisión y recepción en el caso de sistemas que utilicen aperturas combinadas;

2.2 las variaciones del diagrama de radiación de la antena de la estación terrena de aeronave. Cuando es aplicable incluye, por lo menos, los efectos causados por las tolerancias de fabricación, el envejecimiento de la antena y los efectos medioambientales. Las redes del SMAS que utilizan ciertos tipos de antenas de estación terrena de aeronave, tales como elementos radiantes en fase, deben tener en cuenta la variación del diagrama de radiación de la antena en función del ángulo de exploración (en elevación y acimut). Las redes que utilizan elementos radiantes en fase deben tener en cuenta el error de fase de los elementos, el error de amplitud y la tasa de fallos;

2.3 las variaciones de la p.i.r.e. de transmisión de la estación terrena de aeronave. Cuando es aplicable incluye, por lo menos, los efectos causados por errores de medición, errores de control y el retardo de los sistemas de control de potencia de bucle cerrado. Los centros de control y supervisión de la red (NCCM, *network control and monitoring centres*) que calculan la p.i.r.e. de las estaciones terrenas de aeronave sobre la base de la señal recibida, deben tener en cuenta, en dicho cálculo, las fuentes de error y el retardo. Los NCCM que calculan la p.i.r.e. de la estación terrena de aeronave sobre la base de la potencia de entrada, deben tener en cuenta los errores de medición y el retardo en la provisión de la información.

3 Las estaciones terrenas de aeronave que utilizan seguimiento en bucle cerrado de la señal del satélite deben utilizar un algoritmo resistente a la captura y seguimiento de señales de satélite adyacentes. La estación terrena de aeronave debe detener inmediatamente la transmisión cuando se detecte que ha tenido lugar o va a tener lugar un seguimiento por satélite no intencionado.

4 Las estaciones terrenas de aeronave deben estar sujetas a la supervisión y control por parte del NCCM o facilidad equivalente. Las estaciones terrenas de aeronave deben poder recibir desde el NCCM al menos las instrucciones «permitir transmisión» e «impedir transmisión». La estación terrena de aeronave debe detener de forma automática la transmisión inmediatamente después de

recibir la instrucción «cambio de parámetro», que pueda causar una interferencia perjudicial durante el cambio, hasta que reciba de su NCMC una instrucción «permitir transmisión». Además, el NCMC debe poder supervisar el funcionamiento de una estación terrena de aeronave para determinar si el mismo es anómalo.

5 Las estaciones terrenas de aeronave deben tener también facilidades para la autosupervisión, de forma que si se detecta un fallo que produzca interferencia perjudicial sobre redes del SFS, la estación terrena de aeronave debe silenciar automáticamente sus transmisiones.

Parte B

Requisitos esenciales para la protección del servicio fijo

Cuando una estación terrena de aeronave de una red de SMAS que funcione en la banda de frecuencias 14-14,5 GHz, utilizada por redes del servicio fijo, tenga visibilidad directa del territorio de una Administración que también utiliza dicha banda para el servicio fijo, debe limitar sus emisiones de forma que éstas produzcan sobre la superficie de la Tierra una dfp máxima que no supere los valores siguientes:

$$\begin{array}{lll} -132 + 0,5 \cdot \theta & \text{dB(W/(m}^2 \cdot \text{MHz))} & \text{para } \theta \leq 40^\circ \\ -112 & \text{dB(W/(m}^2 \cdot \text{MHz))} & \text{para } 40 < \theta \leq 90^\circ \end{array}$$

donde θ es el ángulo de llegada de la señal (grados sobre la horizontal).

NOTA 1 – Los límites anteriores se expresan en términos de dfp y del ángulo de llegada obtenidos en condiciones de propagación de espacio libre.

NOTA 2 – De la máscara de dfp arriba mencionada puede obtenerse una máscara de la p.i.r.e. utilizando el método que se recoge en el Anexo 2 a esta Recomendación. También puede hacerse una simplificación de la máscara de la p.i.r.e. resultante.

Parte C

Requisitos esenciales para la compartición con el SRA

Con el objetivo de proteger la radioastronomía en la banda 14,47-14,5 GHz, las estaciones terrenas del SMAS deben satisfacer las dos condiciones siguientes:

Canales del SMAS en la banda 14,47-14,5 GHz

- Las estaciones del SMAS no transmitirán en la banda de 14,47-14,5 GHz cuando exista visibilidad directa con las estaciones de radioastronomía que funcionen en dicha banda;
- o,
- si un operador del SMAS desea explotar el servicio en la misma banda de frecuencia que una estación de radioastronomía con la que tenga visibilidad directa, es necesario un acuerdo específico con la estación de radioastronomía para garantizar que la estación terrena de aeronave del SMAS cumpla los requisitos dados en las Recomendaciones UIT-R RA.769 y UIT-R RA.1513 en la banda 14,47-14,5 GHz durante los tiempos de observación radioastronómica. Mientras sea factible, ello puede incluir proporcionar al operador del SMAS información por adelantado de los horarios de observación previstos.

Canales del SMAS en la banda 14-14,47 GHz

Todas las estaciones terrenas de aeronave que transmiten en canales de la banda 14-14,47 GHz, y que tengan visibilidad directa con estaciones de radioastronomía durante los periodos de observación de éstas, deben caracterizarse porque sus emisiones en la banda 14,47-14,5 GHz cumplan los niveles y porcentaje de pérdida de datos de las

Recomendaciones UIT-R RA.769 y UIT-R RA.1513. Los estudios realizados demuestran que los niveles siguientes de dfp de las estaciones terrenas de aeronave ($\text{dB(W/(m}^2 \cdot 150 \text{ kHz))}$) en la banda 14,47-14,5 GHz, son suficientes, con un cierto margen, para cumplir los niveles de dfp de radioastronomía de la Recomendación UIT-R RA.769 y el porcentaje de pérdida de datos dado en la Recomendación UIT-R RA.1513, es decir:

$$\begin{array}{lll} -190 + 0,5 \cdot \theta & (\text{dB(W/(m}^2 \cdot 150 \text{ kHz))}) & \text{para } \theta \leq 10^\circ \\ -185 & (\text{dB(W/(m}^2 \cdot 150 \text{ kHz))}) & \text{para } 10^\circ < \theta \leq 90^\circ \end{array}$$

donde θ es el ángulo de llegada de la señal (grados sobre la horizontal).

Los operadores del SMAS pueden conseguir dichos niveles de dfp en la banda 14,47-14,5 GHz utilizando una combinación de reducción de potencia de la señal de la estación terrena de aeronave, precisión en el filtrado, mantenimiento de una separación adecuada o mejores características de la antena de la estación terrena de aeronave.

Parte D

Requisitos esenciales para la compartición con el servicio de investigación espacial

Deben desarrollarse acuerdos de coordinación entre el SMAS y los sistemas de investigación espacial para controlar los niveles de emisión de las estaciones terrenas de aeronave en la banda de frecuencia utilizada por los sistemas de investigación espacial que, en casos severos, puede exigir el cese de las emisiones de las estaciones terrenas de aeronave en las frecuencias utilizadas por los sistemas de investigación espacial cuando aquéllas operen en las cercanías de una estación terrena de investigación espacial. Las características específicas de cada acuerdo dependerán de las características de cada emplazamiento del sistema de investigación espacial y de las redes del SMAS.

Anexo 2

Obtención de una máscara de la p.i.r.e. en el hemisferio inferior a partir de la máscara de la dfp

En las pruebas realizadas para determinar si un equipo del SMAS cumple una determinada máscara de dfp, tal como la descrita en la Parte B del Anexo 1, puede resultar útil disponer de una máscara de p.i.r.e. equivalente que puede utilizarse con fines de prueba.

La máscara de la dfp, $\text{dfp}(\theta)$, donde θ es el ángulo de llegada (ángulo de elevación) en la superficie de la Tierra, puede utilizarse para determinar matemáticamente una máscara de la p.i.r.e., $\text{p.i.r.e.}(\gamma, H)$, donde γ es el ángulo por debajo del plano horizontal local y H es la altura de la aeronave. Esta conversión se realiza en dos pasos. Primero, γ se convierte en un ángulo de llegada equivalente, θ . Después, se determina la longitud del trayecto de propagación para el ángulo de llegada θ y ésta se utiliza para calcular la pérdida de dispersión del trayecto y la p.i.r.e. resultante.

Paso 1: Cálculo del ángulo de llegada en grados, θ , a partir de γ y H :

$$\theta = \arccos((R_e + H) \cos(\gamma)/R_e)$$

donde:

- θ : ángulo de llegada
- R_e : radio de la Tierra (6378 km)
- H : altura de la aeronave (km)
- γ : ángulo por debajo de la horizontal.

NOTA 1 – Si el argumento de la función arccos es mayor que 1, el trayecto de propagación en la dirección del ángulo γ no cruza la Tierra. En este caso, que ocurre para valores de γ de aproximadamente $3,5^\circ$ o menos, no existe un valor para θ , y por lo tanto, no existe un valor definido para la máscara de dfp.

Paso 2: Cálculo del valor de la p.i.r.e. a partir del valor definido de dfp(θ):

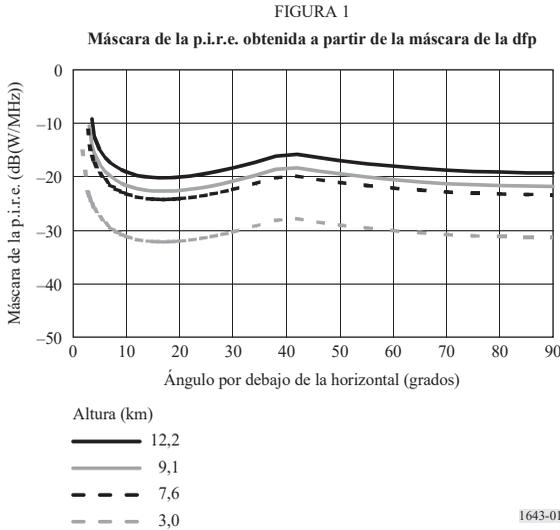
$$d = (R_e^2 + (R_e + H)^2 - 2 R_e(R_e + H) \cos(\gamma - \theta))^{1/2}$$

$$\text{p.i.r.e.}(\gamma, H) = \text{dfp}(\theta) + 10 \log_{10}(4 \pi d^2) + 60$$

donde:

- d : distancia entre la estación terrena de aeronave y el punto considerado sobre la superficie de la Tierra (km)
- dfp(θ): (dB(W/(m² · MHz)))
- p.i.r.e.: (dB(W/MHz)).

El gráfico de la Fig. 1 muestra esta función para varias alturas de la aeronave en base a la máscara de dfp que se proporciona en la Parte B del Anexo 1 a esta Recomendación.



RECOMENDACIÓN UIT-R M.1652-1

Selección dinámica de frecuencias* en sistemas de acceso inalámbrico, incluidas las redes radioeléctricas de área local, para proteger el servicio de radiodeterminación en la banda de 5 GHz

(Cuestión UIT-R 212/5)

(2003-2011)

Cometido

Esta Recomendación proporciona los requisitos de la selección dinámica de frecuencias (DFS) como técnica de reducción de la interferencia implementada en los sistemas de acceso inalámbrico (WAS) incluidas las redes radioeléctricas de área local (RLAN) a fin de facilitar la compartición con el servicio de radiodeterminación en la banda de 5 GHz. El Anexo 1 especifica los requisitos de detección, operacionales y de respuesta. Otros Anexos abordan las metodologías correspondientes y proporcionan información que pueden emplear las administraciones cuando lleven a cabo estudios de compartición entre radares y WAS, incluidas las RLAN.

La Asamblea de Radiocomunicaciones de la UIT,

considerando

- a) que una armonización de las frecuencias en las bandas 5 150-5 350 MHz y 5 470-5 725 MHz para el servicio móvil facilitaría la introducción de los sistemas de acceso inalámbrico (WAS, *wireless access systems*) incluidas las redes radioeléctricas de área local (RLAN);
- b) que es necesario proteger los radares del servicio de radiodeterminación que funcionan en las bandas 5 250-5 350 MHz y 5 470-5 725 MHz;
- c) que en muchas administraciones se han instalado una gran cantidad de radares meteorológicos instalados en tierra que soportan servicios de meteorología críticos;
- d) que en la Recomendación UIT-R M.1461 aparecen los procedimientos y metodologías para analizar la compatibilidad entre radares del servicio de radiodeterminación y sistemas de otros servicios;
- e) que en la Recomendación UIT-R M.1638 figuran las características técnicas y de explotación más representativas de los radares de radiolocalización, de radionavegación y meteorológicos incluidos los radares de radionavegación marítima en la banda 5 470-5 650 MHz, entre otras;
- f) que en la Recomendación UIT-R M.1450 se describen los WAS, incluidas las RLAN, capaces de funcionar en interiores y exteriores;
- g) el Informe UIT-R M.2034 que estudia la repercusión que tienen ciertos requisitos de detección de la selección dinámica de frecuencias sobre el comportamiento de los WAS,

* Selección dinámica de frecuencias es un término general utilizado en esta Recomendación para describir técnicas de reducción de la interferencia que permiten, entre otras cosas, la detección y prevención de la interferencia cocanal con respecto a los sistemas de radar.

reconociendo

- a) que la banda 5250-5350 MHz está atribuida al servicio de radiolocalización a título primario y que la banda 5250-5350 MHz está también atribuida a título primario al servicio de exploración de la Tierra por satélite (SETS) (activo);
- b) que la banda 5470-5650 MHz está atribuida al servicio de radionavegación marítima a título primario;
- c) que la banda 5350-5650 MHz está atribuida al servicio de radiolocalización a título secundario;
- d) que los radares instalados en tierra que se emplean en meteorología están autorizados a funcionar en la banda 5600-5650 MHz en pie de igualdad con las estaciones del servicio de radionavegación marítima;
- e) que la banda 5650-5725 MHz está atribuida al servicio de radiolocalización a título primario;
- f) que las administraciones pueden tener en cuenta la información detallada sobre la instalación de radares reales al elaborar las directrices para la utilización de la DFS en los WAS en consulta con las administraciones potencialmente afectadas,

observando

- a) que el alto nivel de potencia de RF y la sensibilidad del receptor de los radares del servicio de radiodeterminación junto con la elevada densidad que cabe esperar de los WAS, incluidas las RLAN, no permitiría en general el funcionamiento compatible de dichos WAS, incluidas las RLAN, con los radares en modo cocanal si no se utilizan técnicas de reducción de la interferencia;
- b) que los WAS, incluidas las RLAN, podrían funcionar en estas bandas como dispositivos exentos de licencia, lo que haría aún más difícil controlar su densidad de instalación;
- c) que existen varias normas para las especificaciones RLAN;
- d) que las administraciones pueden considerar procedimientos para confirmar la posibilidad de introducir mecanismos de prevención de la interferencia a fin de lograr un correcto funcionamiento en presencia de sistemas de radar instalados en esta banda,

recomienda

- 1 que para facilitar la compartición con los radares, los WAS, incluidas las RLAN, empleen las técnicas de reducción de la interferencia descritas en el Anexo 1 en las bandas utilizadas por los radares a 5 GHz;
- 2 que las técnicas de reducción de la interferencia satisfagan los requisitos de detección, explotación y respuesta indicados en el § 2 del Anexo 1;
- 3 que cuando realicen estudios de compartición entre radares y WAS, incluidas las RLAN, las administraciones utilicen las metodologías descritas en los Anexos 4, 5, 6 y 7.

NOTA 1 – En el Informe UIT-R M. 2115, que proporciona información sobre los procedimientos aplicados por varias administraciones y/o grupos regionales para verificar el cumplimiento de los requisitos de la DFS, aparece más información relativa a los resultados de los estudios acerca de los requisitos indicados en el *recomienda* 2.

Anexo 1

Utilización de la DFS en los WAS, incluidas las RLAN, para la protección del servicio de radiodeterminación en la banda de 5 GHz

1 Introducción

1.1 DFS

En relación a los estudios sobre la viabilidad de la compartición entre el servicio móvil para los WAS¹ y el servicio de radiodeterminación en las bandas de frecuencias 5250-5350 MHz y 5470-5725 MHz, los cálculos de balance del enlace han demostrado que se necesita la utilización de técnicas de reducción de la interferencia para permitir la compartición de los WAS con otros servicios tales como los sistemas de radar. Este Anexo describe las técnicas de reducción de la interferencia DFS² como se especifica en las normas RLAN a 5 GHz, basándose los cálculos del comportamiento en realizaciones típicas.

Los WAS y los radares explotados en la banda de 5 GHz se interferirán cuando funcionan con las mismas frecuencias y en emplazamientos cercanos.

Se ha previsto que la DFS:

- asegure una dispersión de la carga a través del espectro disponible del WAS bajo el campo de visión del satélite para reducir los niveles de emisión combinada en los satélites del SFS (enlaces de conexión) y del SETS (activo) procedentes de los WAS;
- evite el funcionamiento cocanal con otros sistemas, principalmente los sistemas de radar.

La ampliación de la utilización de la DFS como se describe aquí permite a los WAS evitar la interferencia con el servicio de radiodeterminación. El principio general aplicado consiste en que los WAS detecten la interferencia e identifiquen las fuentes de interferencia del radar y no utilicen las frecuencias empleadas por el radar.

1.2 Objetivo de la utilización de la DFS con respecto a los radares

El objetivo de utilizar DFS en los WAS es proporcionar la protección adecuada a los radares en la banda de 5 GHz. Ello se logra evitando la utilización de un canal que va a ser ocupado por los equipos de radar basándose en la detección de las señales de radar, o liberando dicho canal.

En el Anexo 3 aparece una discusión sobre los sistemas de radiodeterminación en la gama de 5 GHz utilizados para determinar las características de la DFS.

¹ En esta Recomendación el término «WAS» se refiere a los sistemas de acceso inalámbrico incluidas las RLAN.

² La característica DFS fue especificada inicialmente en las normas RLAN a 5 GHz para reducir la interferencia entre las agrupaciones de RLAN sin coordinar y proporcionar una eficacia espectral optimizada en los sistemas de transmisión de datos de alta capacidad y a alta velocidad binaria.

La implantación de los mecanismos y procedimientos de detección del radar utilizados por los WAS cae fuera del ámbito de este Anexo. Las razones principales de ello son:

- el diseño de los WAS afecta a la implantación;
- la experiencia práctica puede desembocar en la utilización de unos medios innovadores y más eficaces de los que puedan formularse hoy en día;
- distintos fabricantes pueden realizar elecciones de implantación diferentes para lograr un determinado nivel de rendimiento al mínimo coste; por lo tanto, en los documentos reglamentarios sólo deben aparecer los criterios de comportamiento en vez de las especificaciones para un mecanismo en particular.

2 Requisitos de comportamiento de la DFS

Los requisitos de comportamiento de la DFS se establecen en términos de respuesta a la detección de una señal de interferencia.

Los WAS a 5 GHz deben satisfacer los siguientes requisitos de detección y respuesta.

Los procedimientos de cumplimiento de los requisitos deben incorporarse en las normas pertinentes establecidas por la industria para las RLAN.

2.1 Requisitos de detección

El mecanismo de la DFS debe poder detectar señales interferentes por encima de un mínimo umbral de detección DFS de -62 dBm para dispositivos con una máxima p.i.r.e. de < 200 mW y -64 dBm para dispositivos con una máxima p.i.r.e. de 200 mW a $1W^3$ promediada en $1 \mu s$.

Se define como la intensidad de señal recibida (dBm) normalizada a la salida de una antena de recepción de 0 dBi, que debe detectarse en la anchura de banda de canal de los WAS.

2.2 Requisitos de funcionamiento

Los WAS deben poder realizar una verificación de disponibilidad de canal. En dicha verificación los WAS permanecen a la escucha de un canal radioeléctrico en particular durante 60 s para detectar si hay un radar funcionando en ese canal radioeléctrico.

Los WAS deben poder realizar una comprobación técnica en servicio que trata de comprobar el canal de funcionamiento para verificar que ningún radar cocanal se ha desplazado o iniciado su funcionamiento dentro del alcance del WAS. Durante la comprobación técnica en servicio, la función de detección del radar realiza una búsqueda continua de señales de radar entre las transmisiones normales de los WAS. Ello exige la utilización de espacios silenciosos entre transmisiones WAS sucesivas (véase el Anexo 4).

Si el WAS no ha estado previamente en funcionamiento o no ha realizado en el canal una comprobación técnica en servicio continua, no debe iniciar la transmisión en ningún canal antes de completar la verificación de disponibilidad de canal.

³ En la práctica, puede que no sea necesario que cada dispositivo incorpore la plena funcionalidad DFS, siempre que tales dispositivos sólo puedan transmitir bajo el control de un dispositivo que asegure el cumplimiento de todos los requisitos de DFS.

2.3 Requisitos de respuesta

Un canal en el que se ha determinado que contiene una señal de radar, ya sea por verificación de disponibilidad de canal o por comprobación técnica en servicio, está sujeto a un periodo de 30 min (periodo de no ocupación) durante el cual no puede ser utilizado por el dispositivo del WAS a fin de proteger los radares de exploración. El periodo de no ocupación debe iniciarse en el instante en que se detecta la señal de radar.

Adicionalmente, en la banda 5600-5650 MHz, si se ha determinado que un canal contiene una señal de radar, es necesario realizar una comprobación técnica continua de 10 min en dicho canal antes de utilizarlo. De no ser así, sería preciso emplear otros métodos adecuados tales como el de exclusión de canal.

El tiempo de desplazamiento de canal se define como el periodo de 10 s que necesita un WAS para interrumpir todas las transmisiones sobre el canal de funcionamiento tras detectar una señal interferente de un valor superior al umbral de detección DFS. Las transmisiones durante este periodo consistirán en tráfico habitual durante un tiempo normalmente inferior a 100 ms y nunca superior a 200 ms tras la detección de la señal de radar. Además, durante el tiempo restante pueden enviarse señales de control y gestión intermitentes para facilitar la liberación del canal de funcionamiento. El tiempo combinado de las señales de control y gestión intermitentes es generalmente inferior a 20 ms.

2.4 Resumen de los requisitos

En el Cuadro 1 aparece un resumen de los requisitos descritos anteriormente. En el Anexo 2 figura un ejemplo de los procedimientos de funcionamiento.

CUADRO 1

Parámetro	Valor
Umbral de detección DFS	-62 dBm para dispositivos con una máxima p.i.r.e. inferior de 200 mW y -64 dBm para dispositivos con una máxima p.i.r.e. de 200 mW a 1W promediada a lo largo de 1 μ s
Tiempo de verificación de disponibilidad de canal	60 s
Periodo de no ocupación	30 min
Tiempo de desplazamiento del canal	\leq 10 s

Anexo 2

DetECCIÓN DE RADAR Y EJEMPLO DE PROCEDIMIENTOS DFS ASOCIADOS

En este Anexo aparece un ejemplo de descripción de un mecanismo DFS.

1 Definiciones

En este Anexo se utilizan las siguientes definiciones:

- Canal disponible: Canal radioeléctrico en el cual una verificación de disponibilidad de canal no ha identificado la presencia de un radar.
- Señal de radar recibida: Señal caracterizada como se indica a continuación:
- una intensidad de señal recibida es igual o superior al nivel umbral de detección DFS de T_{DFS} (dBm) dentro de la anchura de banda del canal WAS;
 - una frecuencia de repetición de impulsos en la gama de 200-4 000 impulsos/s;
 - unas anchuras de impulso nominales en la gama de 1-20 μ s.
- Canal de funcionamiento: Una vez que un WAS empieza a funcionar en un canal disponible, dicho canal pasa a ser un canal de funcionamiento.

2 Procedimientos

2.1 Determinación de un canal disponible inicial

Antes de que un WAS transmita, y si no se ha identificado aún un canal disponible, deberá realizar una verificación de disponibilidad de canal en un canal radioeléctrico antes de utilizarlo para la transmisión. En consecuencia, cuando se instala una red y se activa por primera vez, debe realizarse dicha verificación de disponibilidad de canal de manera que se identifique al menos un canal disponible. Una vez identificado dicho canal disponible, el WAS puede iniciar su funcionamiento en dicho canal; la verificación de otros canales radioeléctricos para identificar otros canales disponibles es opcional.

2.2 Inicio de funcionamiento

Una vez que un WAS inicia su funcionamiento en un canal disponible dicho canal pasa a ser el canal de funcionamiento.

2.3 Comprobación técnica del canal de funcionamiento

El WAS realiza la comprobación técnica en servicio para volver a verificar el canal de funcionamiento buscando señales de radar cocanal que puedan haber entrado en el alcance del WAS o hayan iniciado el funcionamiento dentro del canal de funcionamiento.

3 Aspectos de realización

3.1 Detección de la señal de radar

Las señales de radar pueden aparecer en cualquier instante y en presencia de señales WAS cocanal. Mientras busca un canal disponible inicial, el WAS no estará operativo y ello asegurará una detección rápida y fiable de cualquier señal de radar con la posible excepción de radares giratorios muy lentos. Sin embargo, las señales de estos radares serán detectadas al realizar la comprobación técnica en servicio.

Durante la comprobación técnica en servicio, la función de detección del radar realiza una búsqueda continua de señales de radar, durante las transmisiones WAS normales o en los intervalos entre dichas transmisiones. En el caso de recepción de señales de radar muy débiles, ello puede aumentar el tiempo necesario para detectar la señal de radar. Esto queda reflejado en los requisitos indicados en el Anexo 1.

3.1.1 Protección de radares con salto de frecuencia

Los radares con salto de frecuencia funcionan en una gama de frecuencias muy amplia y con un cambio rápido de la frecuencia de funcionamiento.

El tiempo que necesita un WAS para realizar una detección fiable varía según las características del pulso del radar. En el caso de radares con salto de frecuencia, el tiempo durante el cual el radar ocupa el canal WAS (tiempo de permanencia) también repercute en la probabilidad de detección.

El resultado será uno de los siguientes:

- si el tiempo de permanencia es suficientemente largo, la DFS detecta la señal de radar (véase el Anexo 4) y cesarán las transmisiones del WAS en el canal actual;
- si el tiempo de permanencia es muy corto, puede verse afectada la probabilidad de detección del radar por un WAS en el canal de funcionamiento, dependiendo del número de pulsos que aparecen durante dicho tiempo de permanencia.

3.1.2 Umbral y ganancia de antena

El umbral de detección se define en términos de dBm normalizado a la salida de una antena receptora a 0 dBi. Si el WAS utiliza ganancias de antena más elevadas, debe aumentarse el nivel T_{DFS} añadiendo la ganancia de antena.

3.1.3 Emisiones no esenciales

Se necesitan más estudios para determinar la repercusión sobre la interacción entre los WAS y las emisiones no esenciales de los radares.

3.2 Tiempo de desplazamiento de canal

Tras detectar una señal por encima del umbral de detección, los procedimientos DFS exigen la difusión de instrucciones para cesar todas las transmisiones operativas y realizar un desplazamiento a uno de los canales disponibles identificados mediante la comprobación de disponibilidad de canal. Esta difusión se repetirá el número de veces necesario para asegurar su recepción por todos los dispositivos de los miembros. Parte de la población WAS puede encontrarse en el denominado «modo adormecido» en el cual los dispositivos se despiertan durante intervalos de una duración típica de cientos de milisegundos y máxima de hasta 60 s. Sin tener en cuenta este último caso, la difusión debe repetirse un cierto número de veces durante el tiempo de desplazamiento de canal para asegurar que a todos los efectos prácticos, la totalidad de los dispositivos WAS habrán abandonado el canal.

Anexo 3

Utilización de las características de los radares de radiolocalización, de radionavegación marítima y meteorológicos

En la Recomendación UIT-R M.1638 aparecen las características técnicas de algunos radares meteorológicos, de radiolocalización y de radionavegación marítima que funcionan en las bandas 5250-5350 MHz y 5470-5725 MHz. Esta información se utiliza para determinar las características técnicas del mecanismo de DFS que va a implantarse en los WAS, considerado necesario para permitir la introducción de dichos WAS en el servicio móvil, en estas bandas de frecuencias utilizadas por los radares. Específicamente, se consideran los radares A a S indicados en la Recomendación UIT-R M.1638, en el desarrollo de las características DFS.

En el Cuadro 1 de la Recomendación UIT-R M.1638 aparecen las atribuciones dentro de la gama de 5 GHz al servicio de radiodeterminación.

Anexo 4

Parámetros y metodología para calcular la probabilidad de detección de sistemas de radiodeterminación por los WAS, incluidos los dispositivos de las RLAN, utilizando DFS en la banda de 5 GHz durante la comprobación técnica en servicio

La siguiente metodología considera la probabilidad de que un dispositivo WAS que funciona en la banda de 5 GHz utilizando DFS detecte con éxito durante la comprobación técnica en servicio un radar a 5 GHz que funciona en el servicio de radiodeterminación.

Paso 1: Se determina el periodo de tiempo durante el cual un dispositivo se encontrará dentro del haz principal de la antena del radar (es decir, anchura de haz a 3 dB/velocidad de exploración de la antena). El Cuadro 2 muestra los parámetros del radar que deben utilizarse como base del estudio. El tiempo de análisis es el periodo durante el cual el WAS está expuesto al haz principal del radar en un barrido basándose en el diagrama de antena del radar y en la velocidad de exploración.

CUADRO 2

Radar	C	K	P	S
Anchura de haz a 3 dB (grados)	0,95	2,5	2,6	2
Velocidad de exploración (grados/s)	36	No aplicable	72	20
Tiempo de análisis (ms)	26	100	36	100

Paso 2: Los radares C, K, P, y S representan los casos más estrictos y pueden utilizarse para definir la compartición con todos los radares que aparecen en el documento sobre características del radar. El radar K no utiliza un tipo de función de exploración de 360°.

Paso 3: Basándose en una distribución de dispositivos WAS que utilizan velocidades de transmisión de datos y longitud de paquetes como las indicadas en el Cuadro 3, se crea una onda que representa el tiempo de transmisión WAS y periodos de escucha de duración $(x) \cdot 9 + 50$ ms, siendo x un número entero aleatorio comprendido entre 2 y 32 (es decir, 31 posibles duraciones discretas uniformemente distribuidas).

CUADRO 3

Ponderación del tiempo de transmisión RLAN

Tamaño del paquete (bytes)	Ponderación	Velocidad de transmisión de datos (Mbit/s)	Ponderación
64	0,6	6	0,1
538	0,2	12	0,1
1 500	0,2	18	0,1
		24	0,3
		36	0,3
		54	0,1

La onda de transmisión WAS para cada tipo de transmisión de paquetes WAS se crea eligiendo aleatoriamente una transmisión por paquetes, utilizando los valores de ponderación indicados en el Cuadro 3 para el tamaño del paquete y la velocidad de transmisión de datos y calculando a continuación el tiempo de transmisión como «tamaño del paquete»/(Velocidad de transmisión de datos · 8). Cada paquete va seguido de un periodo de silencio necesario para que la red WAS facilite la compartición del medio de acceso (es decir, el canal WAS) por los múltiples dispositivos que utilizan la red. Este periodo de silencio está disponible para la comprobación técnica en servicio y se elige de la forma definida anteriormente. A continuación, se crea otro paquete elegido aleatoriamente de la misma forma que el primero que va seguido de otro periodo de silencio. Este proceso se repite hasta que la onda tiene la misma duración que la del periodo durante el cual el dispositivo WAS se encuentra dentro del haz principal de la antena, como se ha calculado en el Paso 1.

Paso 4: Se crea una onda basada en la frecuencia de repetición de impulsos y en la anchura de pulso del radar que va a analizarse. En el Cuadro 4 aparecen los valores de base que deben utilizarse. La onda debe tener la misma duración que la calculada en el Paso 1.

CUADRO 4

Valores del radar de base para determinar la probabilidad de detección

Radar	C	K	P	S
Anchura del pulso (µs)	0,95	1	20	1
frecuencia de repetición de impulsos	200	3 000	500	200

Paso 5: Se determina si se produce un suceso de detección comprobando si los pulsos del radar en la onda del radar simulada están alineados con los periodos de escucha en la onda de la red WAS simulada.

Paso 6: Se repite la simulación varias veces registrando la aparición, o falta de aparición, de sucesos de detección y utilizando estos datos para calcular la probabilidad de detección (es decir, el porcentaje de simulaciones durante el cual se considera que se ha detectado el pulso del radar).

Paso 7: Probabilidad de detección en n rotaciones:

p : probabilidad de detección en una rotación

p_n : probabilidad de detección en n rotaciones

$$p_n = 1 - (1 - p)^n.$$

Anexo 5

Evaluación de la interferencia utilizando los cálculos de balance del enlace entre un solo dispositivo WAS y sistemas de radiodeterminación en la banda de 5 GHz

1 Antecedentes

Este Anexo trata el caso de la interferencia producida por un solo WAS. Los valores obtenidos de los cálculos en el Anexo se utilizaron como valores de partida en el modelo combinado (véase el Anexo 6) para determinar un umbral de detección.

2 Metodología

Los cálculos presentados en este Anexo se basan en un análisis del balance del enlace. El umbral se determina a partir de dicho análisis suponiendo que debe alcanzarse este umbral cuando el radar puede sufrir interferencia causada por emisiones procedentes de un solo dispositivo WAS (es decir, cuando la señal WAS en el receptor del radar rebasa el nivel de interferencia tolerable por el radar). Ello se basa en la hipótesis de un trayecto de propagación simétrico entre el dispositivo y el radar.

Este método basado en el balance del enlace se considera adecuado para estudiar casos estáticos en los que intervienen un WAS y un radar. Se basa en las Recomendaciones UIT-R SM.337 y UIT-R M.1461 y se aplica al caso específico de la DFS.

3 Cálculo basado en el balance del enlace con radares a partir de la Recomendación UIT-R M.1638

La determinación del máximo nivel de interferencia tolerable procedente de emisiones de un sólo dispositivo WAS en el receptor del radar se basa en la Recomendación UIT-R M.1461, donde se indica que este nivel debe ser inferior a $N + (I/N)$, siendo N el nivel de ruido inherente del receptor del radar e I/N la relación interferencia/ruido (con un valor de -6 dB como se señala en la Recomendación UIT-R M.1461 y en la Recomendación UIT-R M.1638).

El Cuadro de cálculo figura en el Apéndice 1 a este Anexo. En dicho Cuadro, si se ignora el radar J, bajo esas condiciones el umbral de detección necesario es igual a -52 dBm para proteger radares contra un solo dispositivo WAS.

4 Cálculo basado en el balance del enlace para algunos nuevos radares

Además de los radares descritos en la Recomendación UIT-R M.1638, algunas administraciones de la Región 1 han instalado recientemente dos nuevos radares situados en tierra. Se ha dispuesto de algunos parámetros para llevar a cabo los cálculos de balance del enlace. Dichos parámetros aparecen en el Apéndice 2 a este Anexo.

Basándose en los cálculos, se ha determinado que el umbral de detección necesario es de -62 dBm para asegurar que un solo dispositivo WAS de 1 W no produce interferencia a los radares considerados.

5 Posibilidad de un umbral de detección variable

En este Anexo, los cálculos han supuesto un solo WAS en exteriores con una p.i.r.e. de 1 W lo que constituye el análisis del caso más desfavorable de interferencia procedente de una sola fuente. Se ha indicado que un WAS con una p.i.r.e. de 1 W no representa la mayoría de los WAS instalados.

En consecuencia puede introducirse, la idea de un valor umbral de detección variable que cambiará con el nivel de p.i.r.e. del WAS. De acuerdo con la metodología utilizada en este Anexo, el umbral de detección es proporcional a la p.i.r.e. del WAS.

De conformidad con la metodología empleada en este Anexo para hipótesis relativas a un solo dispositivo WAS, el umbral de detección es proporcional a la p.i.r.e. del WAS.

En esas condiciones, por ejemplo, si un WAS de 1 W debe detectar un radar por encima de $-N$ dBm, para un WAS de 200 mW el umbral correspondiente puede fijarse a $-(N - 7)$ dBm.

6 Influencia de la arquitectura del WAS sobre el umbral de detección

En el caso de una arquitectura WAS centralizada, cabe esperar que la DFS será controlada por un dispositivo específico situado en una red o una célula. Puede haber casos en que se producen diferencias significativas en las pérdidas del trayecto de propagación entre un radar y los dispositivos en una red o una célula y en esas circunstancias deja de ser válida la hipótesis del trayecto de propagación simétrico entre el radar y el dispositivo de detección.

Las administraciones deben considerar las medidas necesarias para asegurar que cada uno de los dispositivos WAS de una sola red no causarán interferencia a los radares.

Apéndice 1
al Anexo 5

Cálculo del umbral de detección basado en el balance para los radares de la Recomendación UIT-R M.1638

Características	A	C	E	F	G	H1	H2	II	II	J	K	L	M	N	O	P	Q
Función	Meteo- rología	Meteo- rología	Meteo- rología	Meteo- rología	Meteo- rología	Meteo- rología	Meteo- rología	Meteo- rología	Meteo- rología	Meteo- rología	Instrumentación	Instrumentación	Instrumentación	Instrumentación	Instrumentación	Búsqueda de superficie y aérea	Búsqueda de superficie y aérea
Tipo de plataforma	En tierra/ en barco	En tierra	En tierra	En tierra	En tierra	En tierra	En barco	En barco									
Potencia de cresta del transmisor entregada a la antena (kW)	250	250	250	250	250	250	250	250	250	2,25	250	2 800	1 200	1 000	165	360	285
Anchura de banda de la F1 _{av} del receptor (MHz)	0,5	20	0,91	0,6	0,5	0,7	4	0,1	3	10	1	4,8	4	8	8	1,5	10
Polarización de la antena	V	H	H	H	H	H	H	H	H	H	V/Circular levógiara	V/Circular levógiara	V/Circular levógiara	V/Circular levógiara	V/Circular levógiara	H	H
Ganancia del haz principal de la antena (dBi)	39	44	50	40	40	50	50	50	50	35	38,3	54	47	45,9	42	28	30
Altura de la antena (m)	30	10	30	30	30	30	30	30	30	10							
p.r.e. del radar (dBm)	123,0	128,0	134,0	124,0	124,0	134,0	134,0	134,0	134,0	98,5	122,3	148,5	137,8	135,9	124,2	113,6	114,5
Factor de ruido del receptor (dB)	7	4	2,3	3	3	3,5	3,5	1,5	1,5	3	6	5	5	11	5	5	10
$N = k T B F$ (dBm)	-110,0	-97,0	-112,1	-113,2	-114,0	-112,0	-104,5	-107,7	-101,0	-101,0	-108,0	-102,2	-103,0	-93,9	-99,9	-107,2	-94,0
$N - 6$ dB	-116,0	-103,0	-118,1	-119,2	-120,0	-118,0	-110,5	-128,5	-113,7	-107,0	-114,0	-108,2	-109,0	-99,9	-103,9	-113,2	-100,0
p.r.e. (dBm) exteriores	30																
Control de la potencia de transmisión (TPC) (dB)	0																
Anchura de banda (MHz)	18																
Ganancia de antena (omnidireccional) (dBi)	0																
10 log (Brad/BWAS)	-15,6	0,5	-13,0	-14,8	-15,6	-14,1	-6,5	-22,6	-7,8	-2,6	-12,6	-5,7	-6,5	-3,5	-3,5	-10,8	-2,6
Balace del enlace para una señal WAS recibida en el receptor del radar $N - 6$ dB	185,0	177,0	198,1	189,2	190,0	198,0	190,5	208,5	193,7	172,0	182,3	192,2	186,0	175,8	177,9	171,2	160,0
Umbral de detección necesario	-46,4	-49,0	-51,1	-50,4	-50,4	-49,9	-49,9	-51,9	-51,9	-70,9	-47,4	-38,0	-41,6	-36,4	-50,2	-46,9	-42,9

**Apéndice 2
al Anexo 5**

**Cálculo del umbral de detección basado en el balance del enlace
para un nuevo radar instalado por algunas administraciones
de la Región 1**

RADAR	Función	Exploración aérea
	Tipo de plataforma	En tierra/en vehículo
	Potencia de cresta del transmisor entregada a la antena (kW)	15
	Anchura de banda de la FI ₃ dB del receptor (MHz)	4
	Polarización de la antena	V
	Ganancia del haz principal de la antena (dBi)	35
	Altura de la antena (m)	10
	p.i.r.e. (dBm)	106,8
	Factor del ruido del receptor (dB)	5
	$N = k T B F$ (dBm)	-103
	$N - 6$ dB	-109
	WAS	p.i.r.e. (dBm) en exteriores
TPC (dB)		0
Anchura de banda (MHz)		18
Ganancia de antena (omnidireccional) (dBi)		0

10 log (Brad/BWAS)	-6,5
Pérdidas de propagación para la señal WAS recibida en el receptor del radar $N - 6$ dB (dB)	175,0
	168,4
Umbral de detección necesario (dBm)	-61,7

Cabe señalar que este Cuadro supone un solo WAS con una p.i.r.e. de 1 W que puede ser el valor de potencia más elevado en una distribución estadística de la p.i.r.e. para una instalación de WAS (por ejemplo, como la descrita en el Cuadro 6 del Anexo 6). Por ejemplo, si se considera una p.i.r.e. más baja (< 100 mW) se obtendrá el correspondiente aumento de 10 dB en el valor de T_{DFS} .

Anexo 6

Parámetros y metodología para realizar los estudios de interferencia combinada en que intervienen WAS, incluidas las RLAN, y sistemas de radiodeterminación en la banda de 5 GHz

Deben utilizarse las siguientes consideraciones a fin de definir la hipótesis de base para realizar los estudios necesarios que determinen los parámetros DFS:

- En los cálculos de interferencia se utilizó la Recomendación UIT-R M.1461.
- Se utilizó el diagrama de antena de radar contenido en el Apéndice 1 a este Anexo.
- Se utilizó el diagrama de antena WAS contenido en el Apéndice 2 a este Anexo.
- En los estudios de compartición, para determinar la interferencia combinada causada a los radares se utilizó la probabilidad de detección (véase el Anexo 4). Esta probabilidad fue fijada para cada intervalo.
- Se utilizó un intervalo de 1°.
- Se utilizaron tres anillos concéntricos para definir la instalación de los WAS como se indica en el Cuadro 5. En cada una de las zonas volumétricas debe utilizarse una distribución uniforme de los dispositivos, incluida la altura.

CUADRO 5

Distribución de usuarios WAS

	Zona urbana	Zona suburbana	Zona rural
Radio desde el centro (km)	0-4	4-12	12-25
Usuarios WAS (%)	60	30	10
Altura del edificio (m)	30	6	6

- Se utilizó un total de 2 753 dispositivos WAS funcionando de modo cocanal con un sistema de radiodeterminación en un momento determinado.
- Se utilizó la distribución de potencia WAS indicada en el Cuadro 6.

CUADRO 6

Distribución de potencia WAS

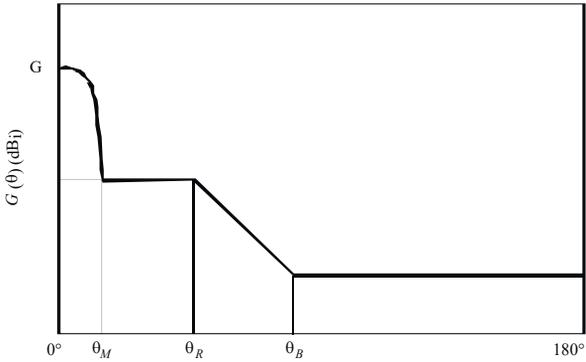
Nivel de potencia	1 W	200 mW	100 mW	50 mW
Usuarios WAS (%)	5	25	40	30

- Se establecieron modelos de radares de seguimiento comenzando por una ubicación y un ángulo de inicio aleatorios y a continuación se les desplazó directamente hacia el horizonte opuesto.
- Se establecieron modelos de radares marítimos empezando en el horizonte de la zona rural realizando un seguimiento hacia el centro de la zona urbana.
- Se establecieron modelos de radares a bordo de aeronaves empezando por el horizonte de la zona rural y realizando un seguimiento hacia el centro de la zona urbana.
- Los estudios se centraron en los siguientes radares:
 - C, I, K, P y S como se definen en la Recomendación UIT-R M.1638.
- Para los radares situados en tierra se utilizó un factor de propagación aleatorio a fin de determinar las pérdidas de trayecto de propagación en cada dispositivo WAS. Se emplearon valores entre 20 y $35 \log D$. Además, se utilizó una atenuación de propagación por edificio/terreno aleatoria. Se empleó un valor entre 0 y 20 dB. Se aplicó una distribución uniforme para determinar estos valores.
- Para los radares a bordo de aeronaves se emplearon unas pérdidas en el espacio libre de más +17 dB.
- Para los radares marítimos se supusieron unas pérdidas en el espacio libre entre +0 y 20 dB.
- Se realizó el cálculo suponiendo visibilidad directa en tierra lisa. No se tuvo en cuenta ningún dispositivo WAS situado más allá de la línea de visibilidad directa.

Apéndice 1 al Anexo 6

No existen actualmente en la UIT diagramas de referencia de antena de radar, por lo tanto se proporciona el siguiente como base. Se utiliza un modelo estadístico de antena de ganancia para determinar la ganancia de la antena de radar en las orientaciones de acimut y elevación. El modelo proporciona la ganancia de antena en función del ángulo con respecto al eje (θ) para una determinada ganancia de antena en el haz principal (G). El modelo incluye algoritmos distintos para antenas de muy alta ganancia, de alta ganancia y de ganancia media, correspondientes a antenas con ganancias superiores a 48 dBi, ganancias comprendidas entre 22 y 48 dBi, y ganancias entre 10 y 22 dBi, respectivamente. La Fig. 1 ilustra la forma general de la distribución de ganancia de antena. Las ecuaciones para los ángulos θ_M (primer lóbulo lateral), θ_R (lateral cercano), y θ_B (lóbulo lateral lejano) aparecen en el Cuadro 7. Las ganancias de antena en función del ángulo con respecto al eje figuran en el Cuadro 8 para antenas de muy alta ganancia, en el Cuadro 9 para antenas de alta ganancia y en el Cuadro 10 para antenas de ganancia media. El ángulo θ viene expresado en grados y todos los valores de las ganancias se expresan en decibelios con respecto a una antena isotropa (dBi).

FIGURA 1



M.1652-01

CUADRO 7

Definiciones de ángulos

Muy alta ganancia ($G > 48$ dBi)	Alta ganancia ($22 < G < 48$ dBi)	Ganancia media ($10 < G < 22$ dBi)
$\theta_M = 50 (0,25 G + 7)^{0,5} / 10^{G/20}$ $\theta_R = 27,466 \cdot 10^{-0,3G/10}$ $\theta_B = 48$	$\theta_M = 50 (0,25 G + 7)^{0,5} / 10^{G/20}$ $\theta_R = 250 / 10^{G/20}$ $\theta_B = 48$	$\theta_M = 50 (0,25 G + 7)^{0,5} / 10^{G/20}$ $\theta_R = 250 / 10^{G/20}$ $\theta_B = 131,8257 \cdot 10^{-G/50}$

CUADRO 8

Ecuaciones para antenas de muy alta ganancia ($G > 48$ dBi)

Intervalo angular (grados)	Ganancia (dBi)
0 a θ_M	$G - 4 \times 10^{-4} (10^{G/10}) \theta^2$
θ_M a θ_R	$0,75 G - 7$
θ_R a θ_B	$29 - 25 \log(\theta)$
θ_B a 180	-13

CUADRO 9

Ecuaciones para antenas de alta ganancia ($22 < G < 48$ dBi)

Intervalo angular (grados)	Ganancia (dBi)
0 a θ_M	$G - 4 \times 10^{-4} (10^{G/10}) \theta^2$
θ_M a θ_R	$0,75 G - 7$
θ_R a θ_B	$53 - (G/2) - 25 \log(\theta)$
θ_B a 180	$11 - G/2$

CUADRO 10

Ecuaciones para antenas de ganancia media ($10 < G < 22$ dBi)

Intervalo angular (grados)	Ganancia (dBi)
0 a θ_M	$G - 4 \times 10^{-4} (10^{G/10}) \theta^2$
θ_M a θ_R	$0,75 G - 7$
θ_R a θ_B	$53 - (G/2) - 25 \log(\theta)$
θ_B a 180	0

**Apéndice 2
al Anexo 6**

Diagramas de antena WAS

El diagrama de antena WAS en orientación acimutal es omnidireccional. Dicho diagrama en orientación de elevación fue determinado mediante examen de los diagramas de antena WAS. El diagrama utilizado se describe a continuación en el Cuadro 11. Obsérvese que la utilización de antenas WAS directivas, dando la misma p.i.r.e., puede traducirse en una menor interferencia causada al receptor del radiodeterminación pero podrían aparecer niveles de interferencia notablemente superiores en el receptor WAS si se produjese un acoplamiento de haz principal a haz principal.

CUADRO 11

Diagrama de antena WAS en elevación

Ángulo de elevación, φ (grados)	Ganancia (dBi)
$45 < \varphi \leq 90$	-4
$35 < \varphi \leq 45$	-3
$0 < \varphi \leq 35$	0
$-15 < \varphi \leq 0$	-1
$-30 < \varphi \leq -15$	-4
$-60 < \varphi \leq -30$	-6
$-90 < \varphi \leq -60$	-5

Para que la mayoría de los dispositivos radien con una p.i.r.e. de 1 W se necesita normalmente una ganancia de antena de 6 dBi. Para este diagrama se proporciona la siguiente descripción de acuerdo con la Recomendación UIT-R F.1336:

$$G(\theta) = \max[G_1(\theta), G_2(\theta)]$$

$$G_1(\theta) = G_0 - 12 \left(\frac{\theta}{\theta_3} \right)^2$$

$$G_2(\theta) = G_0 - 12 + 10 \log \left[\left(\max \left\{ \frac{|\theta|}{\theta_3}, 1 \right\} \right)^{-1,5} + k \right]$$

$$\theta_3 = 107,6 \times 10^{-0,1G_0}$$

siendo:

$G(\theta)$: ganancia de antena (dBi)

θ : ángulo de elevación (degrees)

$k = 0,5$

$G_0 = 6$ dBi.

Anexo 7

Análisis de los resultados de evaluación de la interferencia y recomendación sobre valores umbral de la DFS

Se presenta un resumen de los resultados de simulaciones efectuadas utilizando las metodologías detalladas en los Anexos 5 y 6 para simular, respectivamente, la interferencia estática producida por un dispositivo WAS y la interferencia combinada producida por la instalación de WAS a un receptor de radar afectado, para los radares de 5 GHz pertinentes.

El Cuadro 12 muestra los valores obtenidos de los cálculos del Anexo 5 para el caso de la interferencia producida por un solo WAS.

CUADRO 12

Valores obtenidos de los cálculos del Anexo 5

Radar del Anexo 5	Análisis del balance del enlace del Anexo 5	-62 dBm para dispositivos de 1 W
		-55 dBm para dispositivos de 0,2 W
		-52 dBm para dispositivos de 0,1 W

El Cuadro 13 muestra un resumen de los niveles umbral de protección necesarios resultantes de los cálculos para establecer modelos de la interferencia combinada.

CUADRO 13

Niveles umbral de protección necesarios

Tipo de radar	Hipótesis de simulación	Umbral de DFS para protección (T_{DFS}) (Nota 1)
Radares giratorios A, C, E, F, G, H, I, J Radares P y Q	Norma del Anexo 6	-52 dBm y consideraciones operativas utilizadas por los sistemas de radar
Radar I	Anexo 6 pero la altura de la antena del radar se encuentra entre 500 m y 1 000 m	-62 dBm
Radar S	Norma del Anexo 6	Véase la Nota 2
Radar K	Norma del Anexo 6	-67 dBm
	Anexo 6 pero con la mitad de densidad de población	-64 dBm
	Anexo 6 pero todos los dispositivos de 50 mW	-62 dBm

NOTA 1 – Suponiendo una ganancia de antena del receptor normalizada a 0 dBi para el WAS.

NOTA 2 – La situación de compartición entre este radar y el WAS es extremadamente difícil. Los cálculos iniciales basados en los resultados de base muestran que se necesitarían unos valores umbrales de detección de DFS por debajo del ruido de fondo de funcionamiento de los dispositivos de WAS. Tras un debate se determinó que estos sistemas están limitados únicamente a las aeronaves militares. Se acordó no considerar este caso al establecer un requisito del umbral de detección.

Notas sobre parámetros y metodologías utilizados

La repercusión de las variaciones de los parámetros y la metodología puede resumirse de la forma siguiente:

- a) Una reducción a la mitad de la densidad de dispositivos activos da lugar a un incremento de 3 dB en T_{DFS} . De forma similar, duplicando la densidad de dispositivos activos se produce una disminución de 3 dB en T_{DFS} .
 - b) La potencia de transmisión de una sola fuente de interferencia en el cálculo del balance del enlace tiene una repercusión directa dB a dB sobre el umbral de protección requerido. En el análisis combinado, la repercusión depende de la distribución de los niveles de potencia utilizados en la simulación.
 - c) En la mayoría de los casos, la interacción de variables en el modelo combinado no es intuitiva y, por lo tanto, no pueden extraerse conclusiones sencillas de los cambios de una sola variable.
-

RECOMENDACIÓN UIT-R M.1827-1

Directrices sobre los requisitos técnicos y operacionales de las estaciones del servicio móvil aeronáutico (R) limitado a las aplicaciones de superficie en aeropuertos en la banda de frecuencia 5 091-5 150 MHz

(2007-2015)

Cometido

En esta Recomendación se presentan los requisitos técnicos y operacionales de las estaciones del servicio móvil aeronáutico (en rutas) (SMA(R)) limitado a las aplicaciones de superficie en aeropuertos en la banda de frecuencias 5 091-5 150 MHz que han de utilizar las administraciones como directrices técnicas para determinar los requisitos de conformidad de las estaciones de todo el mundo.

Palabras clave

Aeropuerto, conformidad, SFS, SMA(R)

Abreviaturas/glosario

SMA(R) Servicio móvil aeronáutico (en rutas)

SRNA Servicio de radionavegación aeronáutica

SFS Servicio fijo por satélite

La Asamblea de Radiocomunicaciones de la UIT,

considerando

- a) que las estaciones aeronáuticas funcionarán a nivel nacional, regional e internacional en todo el mundo;
- b) que la circulación de estaciones aeronáuticas suele estar sometida a una serie de normas y reglamentos nacionales e internacionales, incluida su debida conformidad con las normas técnicas y requisitos operativos mutuamente acordados de la Organización de la Aviación Civil Internacional;
- c) que es necesario identificar requisitos técnicos y operativos para efectuar las pruebas de conformidad de las estaciones aeronáuticas;
- d) que la identificación de requisitos técnicos y operativos para las estaciones aeronáuticas sentará unas bases técnicas comunes para las pruebas de conformidad de estaciones aeronáuticas que efectúen las distintas autoridades nacionales, regionales e internacionales, y para el establecimiento de acuerdos de reconocimiento mutuo relativos a la conformidad de las estaciones aeronáuticas;
- e) que los requisitos técnicos y operativos han de llegar a un equilibrio aceptable entre la complejidad de los equipos de radiocomunicaciones y la necesidad de utilizar eficazmente el espectro de radiofrecuencias,

considerando además

- a) que es necesario otorgar total protección a todos los servicios primarios en la banda 5 091-5 150 MHz;
- b) que los resultados de los estudios realizados en virtud de la Resolución **414 (Rev.CMR-03)** demuestran que es posible que el SMA(R) utilice la banda de frecuencias 5 091-5 150 MHz exclusivamente para aplicaciones de superficie en aeropuertos a título primario bajo determinadas condiciones;

c) que la identificación por parte del UIT-R de requisitos técnicos y operativos para las estaciones aeronáuticas en la banda de frecuencias 5 091-5 150 MHz debe evitar que se cause interferencia inaceptable a otros servicios;

d) que debe ser posible medir y controlar continuamente y con exactitud las características técnicas y operativas,

reconociendo

a) que la banda de frecuencias 5 000-5 250 MHz está atribuida al servicio de radionavegación aeronáutica (SRNA) a título primario;

b) que la banda de frecuencias 5 030-5 150 MHz ha de utilizarse para el funcionamiento del sistema de aterrizaje por microondas para la aproximación y el aterrizaje precisos, normalizado a nivel internacional. La banda de frecuencias 5 091-5 150 MHz se utiliza también en el SFS para los enlaces de conexión de los sistemas del servicio móvil por satélite no geostacionario. Los requisitos del sistema de aterrizaje por microondas normalizado a nivel internacional tendrán prioridad sobre cualquier otra utilización que se haga de la banda 5 030-5 091 MHz de conformidad con el número 5.444 del Reglamento de Radiocomunicaciones ,

recomienda

1 que las administraciones utilicen los requisitos técnicos y operativos para las estaciones del SMA(R) utilizadas solo para las aplicaciones de superficie en aeropuertos en la banda de frecuencias 5 091-5 150 MHz, que figuran en el Anexo 1, como directrices para garantizar la compatibilidad con el servicio fijo por satélite (SFS);

2 la siguiente Nota se considera parte de esta Recomendación.

NOTA – Dado que también pueden ser aceptables otros límites y que esta Recomendación no abarca todos los requisitos esenciales, se requieren estudios adicionales, en particular en el caso de la distribución flexible de $\Delta T_s/T_s$ utilizada en esta Recomendación.

Anexo 1

Requisitos esenciales para la compatibilidad con las redes del servicio fijo por satélite en la banda de frecuencias 5 091-5 150 MHz

A los efectos de los análisis siguientes, en el Cuadro 1 se resumen las características de los receptores del SFS supuestas.

CUADRO 1

Valores de los parámetros utilizados en los cálculos de interferencia de satélite

Parámetro	Unidades	HIBLEO-4 FL
Temperatura de ruido del receptor de satélite T	K	550
Zona efectiva de la antena a 5 120 MHz	(dBm ²)	-35,6
Discriminación de polarización L_p	dB	1
Pérdida de alimentación L_{feed}	dB	2,9
Anchura de banda del receptor de satélite B	MHz	1,23
Ganancia de la antena del receptor de satélite G_r	dB	4

NOTA – El cumplimiento de los límites de dfp definidos a continuación se logrará en condiciones de propagación en el espacio libre.

Requisitos impuestos al servicio móvil aeronáutico (en rutas)

Los siguientes requisitos son las directrices técnicas que habrán de utilizar las administraciones para determinar los requisitos de conformidad de las estaciones de todo el mundo. Pueden ser aceptables otros límites, pero es necesario proseguir los estudios al respecto.

La dfp definida en esta sección se basa en garantizar que el incremento de la temperatura de ruido del satélite del SFS causada por el funcionamiento en la banda de frecuencias 5 091-5 150 MHz del SMA(R) (es decir $(\Delta T_s/T_s)_{AM(R)S}$) no supera el mayor de los dos valores siguientes:

- 1) 2%
- 2) $5\% - (\Delta T_s/T_s)_{ARNS}$

donde:

$(\Delta T_s/T_s)_{ARNS}$: incremento de la temperatura de ruido debido al SRNA en la misma banda.

Se facilitan tres ejemplos de este cálculo a continuación. El primero considera que $(\Delta T_s/T_s)_{ARNS}$ es 3%. El segundo considera que no existe SRNA en la banda. El tercero considera que $(\Delta T_s/T_s)_{ARNS}$ es >3%. El método supone el funcionamiento simultáneo de 250 transmisores del SMA(R) cocanal dentro del campo de visión de un satélite del SFS.

Ejemplo 1: $(\Delta T_s/T_s)_{ARNS} = 3\%$

En este caso, $5\% - (\Delta T_s/T_s)_{ARNS}$ es igual a 2%, por lo tanto $(\Delta T_s/T_s)_{AM(R)S} = 2\%$, es decir -17 dB.

Asumiendo las características del Cuadro 1 para el SFS, el nivel máximo de interferencia combinada tolerable en la entrada del receptor es $I_{Agg-Rec}$:

$$I_{Agg-Rec} = KTB - 17 \text{ dB} = -157,3 \text{ dB(W / 1,23 MHz)}$$

donde:

- K : constante de Boltzmann ($1,38 \times 10^{-23}$ J/K)
- T : temperatura de ruido del receptor (K)
- B : anchura de banda del receptor (Hz).

Por consiguiente, en la entrada de la antena del receptor del satélite, el máximo nivel de dfp producido por un transmisor del SMA(R) es:

$$\begin{aligned} pfd_{Max} &= I_{Agg-Rec} - Gr + L_{Feed} + L_P - 10 \log_{10}(250) + 10 \log\left(\frac{4\pi}{\lambda^2}\right) \\ &= -157,3 - 4 + 2,9 + 1 - 23,97 + 35,6 \\ &= -145,77 \text{ dBW / (m}^2 \times 1,23 \text{ MHz)} \end{aligned}$$

donde:

- Gr : ganancia de la antena del receptor del SFS
- 250: número máximo de estaciones del SMA(R) que emiten simultáneamente en la anchura de banda del receptor del SFS.

Ejemplo 2: $(\Delta T_s/T_s)_{ARNS} = 0$

En este caso, $5\% - (\Delta T_s/T_s)_{ARNS}$ es igual a 5% , que es mayor que 2% , por lo tanto $(\Delta T_s/T_s)_{AM(R)S} = 5\%$, es decir -13 dB.

Por tanto:

$$I_{Agg-Rec} = KTB - 13 \text{ dB} = -153,3 \text{ dB(W / 1,23 MHz)}$$

En consecuencia, en la entrada de la antena del receptor del satélite, el nivel máximo de la densidad de flujo de potencia producido por un transmisor SMAR es:

$$\begin{aligned} pfd_{m\acute{a}x} &= I_{Agg-Rec} - Gr + L_{Feed} + L_P - 10 \log_{10}(250) + 10 \log\left(\frac{4\pi}{\lambda^2}\right) \\ &= -153,3 - 4 + 2,9 + 1 - 23,97 + 35,6 \\ &= -141,77 \text{ dBW / (m}^2 \times 1,23 \text{ MHz)} \end{aligned}$$

Ejemplo 3: $(\Delta T_s/T_s)_{ARNS} > 3\%$

En este caso, $5\% - (\Delta T_s/T_s)_{ARNS}$ es menor que 2% , por lo tanto $(\Delta T_s/T_s)_{AM(R)S} = 2\%$, es decir -17 dB, y se obtiene el mismo valor de $Dfp_{m\acute{a}x}$ que en el Ejemplo 1.

RECOMENDACIÓN UIT-R M.2013-0

Características técnicas de los sistemas de radionavegación aeronáutica no OACI que funcionan en torno a 1 GHz y criterios de protección de los mismos

(2012)

Cometido

En esta Recomendación se describen las características técnicas y los criterios de protección de los sistemas del servicio de radionavegación aeronáutica (SRNA) que no están sujetos a las normas de la Organización de Aviación Civil Internacional (OACI) y que funcionan en torno a 1 GHz para su utilización en estudios de compatibilidad. Se abordan los sistemas SRNA no OACI que funcionan en los países mencionados en el número 5.312 del RR y los sistemas de navegación táctica aérea (TACAN).

La Asamblea de Radiocomunicaciones de la UIT,

considerando

- a) que el sistema de navegación táctica aérea (TACAN) es un sistema de radionavegación aeronáutica utilizado a escala nacional en la banda de frecuencias 960-1 215 MHz;
- b) que el sistema TACAN se emplea tanto en aeronaves civiles como militares;
- c) que en la aviación civil el sistema TACAN equivale, desde un punto de vista funcional, al equipo de medición de distancia (DME) normalizado de la OACI;
- d) que el sistema TACAN incorpora más funciones que el DME, entre ellas, la de información de marcación;
- e) que esas funciones adicionales se traducen en características técnicas distintas de las de los DME, que habría tener en cuenta en los futuros estudios de compatibilidad;
- f) que la utilización del TACAN comprende también aplicaciones a bordo de barcos y en vuelo,

observando

- a) que, de conformidad con la Resolución 417 (CMR-07), ha de darse prioridad al SRNA en la banda de frecuencias 960-1 164 MHz;
- b) que los estudios del UIT-R han demostrado que tras la introducción del servicio móvil aeronáutico (en ruta) (SMA(R)) en la banda de frecuencias 960-1 164 MHz, es necesario llevar a cabo nuevos estudios pormenorizados de compatibilidad, específicos del emplazamiento, entre los sistemas TACAN y SMA(R),

recomienda

que para los estudios de compatibilidad se utilicen las características y los criterios de protección recogidos en los anexos.

Anexo 1

Sistema de navegación táctica aérea

El sistema de radionavegación aeronáutica TACAN se utiliza en el ámbito nacional entre 960 y 1 215 MHz. Consta de un interrogador a bordo de una aeronave y de una radiobaliza que le responde. En la mayoría de los casos, las radiobalizas TACAN son fijas y están instaladas en tierra, si bien se utilizan asimismo radiobalizas móviles marítimas y aeronáuticas. Dependiendo de la potencia isotrópica radiada equivalente (p.i.r.e.) generada y del diseño del interrogador pueden lograrse alcances oblicuos de hasta 400 millas náuticas (740 km), aunque en la práctica ese alcance se ve limitado a la máxima distancia de visibilidad directa radioeléctrica (RLOS). La unidad a bordo de la aeronave transmite periódicamente a las instalaciones (radiobalizas) en tierra pares de impulsos, denominados impulsos de interrogación. Los impulsos TACAN tienen una anchura de 3.5 μ s en los puntos situados a media amplitud. La separación entre un par de impulsos de interrogación es de 12 μ s (canal X) o 36 μ s (canal Y). La estación en tierra, tras recibir un par de impulsos de interrogación, medirá la forma y la separación de los impulsos. Si los valores obtenidos están dentro de los límites aceptados transmitirá una respuesta con un retardo fijo y un desplazamiento de frecuencia de ± 63 MHz con respecto a la frecuencia de interrogación, dependiendo del canal escogido en el código del impulso. La separación de los impulsos de respuesta de la radiobaliza es de 12 μ s (canal X) y 30 μ s (canal Y). Tras recibir la respuesta, el interrogador calculará la distancia oblicua instantánea a la radiobaliza a partir del tiempo transcurrido entre la transmisión de la interrogación y la recepción de los pares de impulsos de respuesta.

La radiobaliza transmitirá muchas respuestas, dado que será interrogada por un gran número de aeronaves. Cada interrogador genera un patrón único variante, dentro de ciertos límites, el intervalo de tiempo entre los pares de impulsos para evitar la generación de respuestas síncronas. Gracias a este principio, cada plataforma es capaz de reconocer entre todos los pares de impulsos las respuestas iniciadas por su propio interrogador.

Las radiobalizas TACAN transmiten un código Morse identificativo. El tono de identificación se utiliza en los interrogadores a bordo de las aeronaves para verificar si la lectura de la distancia ha sido realizada por la radiobaliza apropiada. Además de las respuestas de los impulsos, la adecuada recepción del tono de identificación es asimismo una condición importante para el buen funcionamiento de los interrogadores TACAN.

Además de las mediciones de distancia, el sistema TACAN también proporciona información relativa a la marcación de acimut. La información de marcación se facilita modulando en amplitud los impulsos transmitidos por la radiobaliza en tierra. Esa modulación de impulsos en amplitud (MIA) se lleva a cabo mediante una antena de la radiobaliza que efectúa un barrido mecánico o electrónico. La variación del diagrama de radiación en acimut en forma de lóbulos de antena de 15 Hz y 135 Hz con un índice de modulación máxima disponible del 55% reducirá el nivel de la señal de los impulsos de respuesta hasta en 10,7 dB por debajo del nivel máximo de p.i.r.e. de los impulsos sin MIA. Para que el interrogador pueda decodificar la orientación del diagrama de radiación de la antena con respecto a la referencia norte de la MIA, la radiobaliza transmite 900 pares de impulsos adicionales consistentes en un grupo de impulsos con referencia norte (NRPG) y varios grupos de impulsos de referencia precisa (RPG). Con objeto de obtener información de marcación precisa y poder responder, como mínimo, a 100 aeronaves con una eficiencia de respuesta del 70%, ha de transmitirse un número constante de 3 600 pares de impulsos, como mínimo.

El sistema TACAN se utiliza para la navegación aeronáutica en aeronaves estatales y de aviación civil. El equipo TACAN utilizado en aviación civil es equivalente, desde un punto de vista funcional, al DME normalizado de la OACI. Las características de los sistemas TACAN figuran en el Cuadro 1.

CUADRO 1
Características típicas de las estaciones TACAN

Objetivo	Unidades	Sistemas de radiocomunicaciones para la navegación aérea (960-1 215 MHz)			
		Tierra-aeronave	Aeronave-Tierra	Tierra-aeronave marítimo	Aeronave-Tierra marítimo
Sentido de la transmisión radioeléctrica		Tierra-aeronave	Aeronave-Tierra	Tierra-aeronave marítimo	Aeronave-Tierra marítimo
Gama de frecuencias de funcionamiento	(MHz)	962-1 213	1 025-1 150	962-977	1 025-1 088
Alcance (limitado a la RLOS)	(km)	hasta 600	hasta 600	hasta 600	hasta 600
Información transmitida		Señales respuesta de distancia y marcación, Información identificativa	Señal de petición de distancia y marcación	Señales respuesta de distancia y marcación, Identificación	Señal de petición de distancia y marcación
Características del transmisor					
Nombre de la estación		Radiobaliza	Interrogador	Radiobaliza	Interrogador
Altura sobre el suelo	(m)	3 (10 pies)	hasta 18 288 (60 000 pies)	3 (10 pies)	hasta 18 288 (60 000 pies)
Tipo de señal		En régimen de impulsos	En régimen de impulsos	En régimen de impulsos	En régimen de impulsos
Separación de canal	(MHz)	1	1	1	1
Tipo de modulación		Forma del impulso y separación del par de impulsos	Forma del impulso y separación del par de impulsos	Forma del impulso y separación del par de impulsos	Forma del impulso y separación del par de impulsos
Potencial del transmisor (en régimen de impulsos)	(dBW)	39 (máx.)	33 (máx.)	39 (máx.)	33 (máx.)
Longitud del impulso	(μ s)	3,5 \pm 0,5 (50% de amplitud)	3,5 \pm 0,5 (50% de amplitud)	3,5 \pm 0,5 (50% de amplitud)	3,5 \pm 0,5 (50% de amplitud)
Ciclo de trabajo típico	(%)	2,52	0,105	2,52	0,105

CUADRO 1 (fin)

Objetivo		Unidades	Sistemas de radiocomunicaciones para la navegación aérea (960-1 215 MHz)			
Tipo de antena			Agrupación circular	Omnidireccional	Agrupación circular	Omnidireccional
Ganancia de antena típica		dBi	6	0	6	0
Características del receptor						
Estación receptora			Estación a bordo de aeronave	Estación en tierra de aeropuerto y en ruta	Estaciones a bordo de aeronave	Estación marítima
Gama de frecuencias de funcionamiento		(MHz)	962-1 213	1 025-1 150	962-977	1 025-1 088
Altura sobre el suelo		(m)	hasta 20 880 (60 000 pies)	3 (10 pies)	hasta 20 880 (60 000 pies)	3 (10 pies)
Anchura de banda del receptor de 3 dB		(MHz)	2	2-4,5	2	2-4,5
Ganancia máx./mín. de antena		(dBi)	5,4/0	9,1/4,1	5,4/0	9,1/4,1
Polarización			Vertical	Vertical	Vertical	Vertical
Sensibilidad del receptor		(dBW)	-122	-122	-122	-122
Nivel máximo de interferencia aceptable basado en la potencia recibida		(dBW)	-129	-130	-129	-130
						Estación a bordo de aeronave
						1 025-1 151
						hasta 20 880 (60 000 pies)
						2-4,5
						5,4/0
						Vertical
						-122
						-129

NOTA – Las relaciones de protección que figuran en el Cuadro 1 corresponden a señales sin régimen de impulsos. En el caso de las señales en régimen de impulsos es necesario efectuar estudios adicionales. A este respecto, las señales cuya duración de impulso supera los 50 µs se consideraran señales sin régimen de impulsos o continuas.

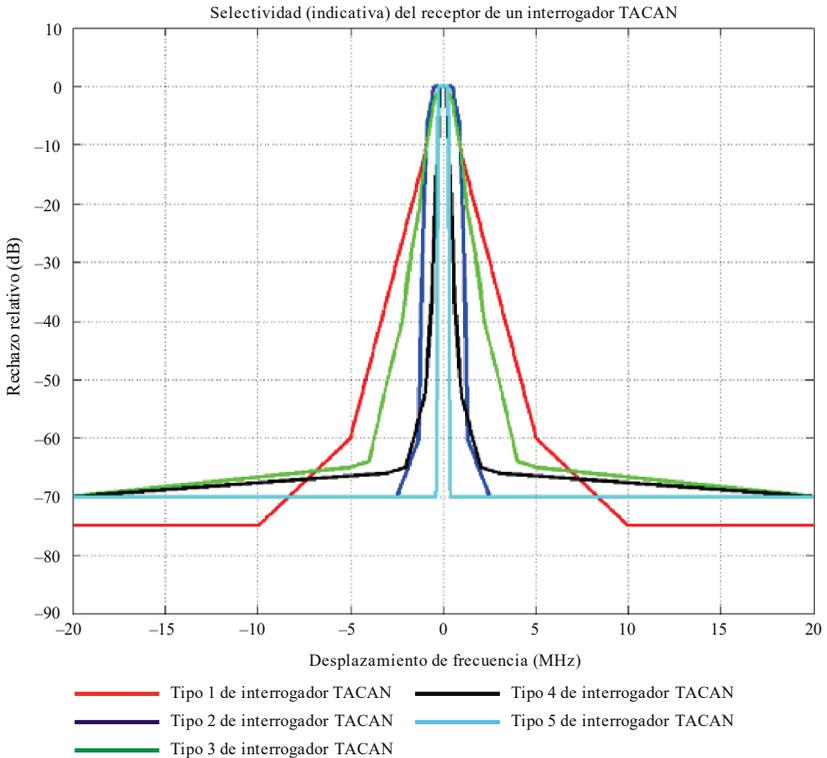
NOTA – La ganancia de la antena a bordo de la aeronave se basa en lo dispuesto en la UIT-R M.1642-1.

NOTA – Las mediciones efectuadas en algunos dispositivos TACAN demostraron que la sensibilidad de los sistemas TACAN con respecto a los valores de la distancia y los ángulos sólo varía en 3 dB en el caso de los receptores del interrogador TACAN (-90 dBm para la distancia y -87 dBm para la medición angular).

Varias administraciones han instalado un gran número de equipos TACAN, tanto estaciones en tierra (radiobalizas) como estaciones a bordo de aeronaves (interrogadores). Las características técnicas reales de cada equipo varían según el tipo. Un factor importante que determina el efecto de la interferencia es la curva de selectividad del receptor. En la Figura 1 se muestran las curvas de selectividad del receptor para cinco tipos de interrogadores TACAN. Puede apreciarse la gran variación de selectividad entre cada tipo de receptor TACAN. En los estudios de compatibilidad deberían tenerse en cuenta todos los tipos de interrogadores TACAN para garantizar la protección suficiente de esta aplicación del servicio de radionavegación aeronáutica (SRNA), incluida la función de determinación de distancia y acimut.

La Figura 2 muestra la curva de selectividad de un receptor para una radiobaliza TACAN típica. Su selectividad es inferior a la de los receptores de los interrogadores TACAN.

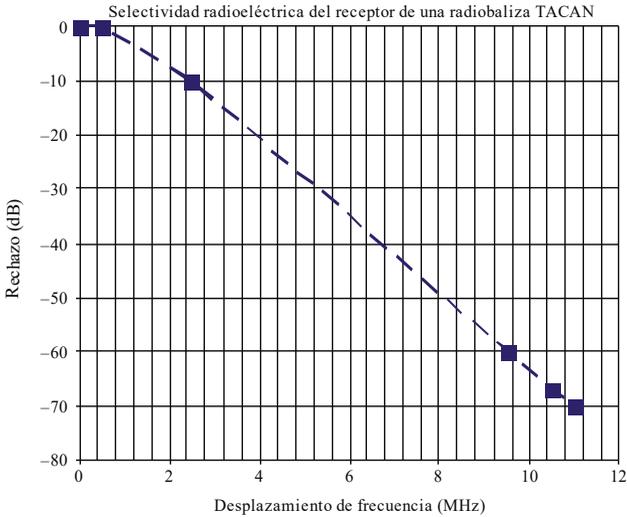
FIGURA 1
Curvas de selectividad de radiofrecuencia del receptor de una estación a bordo de aeronave (interrogador)



F.5-1007-01

FIGURA 2

Curvas de selectividad de radiofrecuencia del receptor de una estación en tierra (radiobaliza)



F.5-1007-02

Anexo 2

Sistemas no OACI de radionavegación aeronáutica en funcionamiento en los países mencionados en el número 5.312 del RR

Los países mencionados explícitamente en el número 5.312 del RR utilizan los siguientes tipos de sistemas de radionavegación aeronáutica:

- Tipo 1: los sistemas SRNA de este tipo son los sistemas de radiogoniometría y determinación de distancia. Estos sistemas están diseñados para calcular el acimut y la distancia oblicua de una aeronave, así como para la vigilancia de zona y navegación entre aeronaves. Constan de estaciones a bordo de aeronaves y de estaciones en tierra. Las estaciones a bordo de aeronaves generan señales de petición que se transmiten mediante antenas omnidireccionales y se reciben en estaciones en tierra del SRNA, que funcionan también en modo omnidireccional. Las estaciones en tierra generan y transmiten señales de respuesta que contienen datos de acimut/distancia. Esas señales se reciben y decodifican en estaciones del SRNA a bordo de aeronaves. Las estaciones del primer tipo transmiten las señales de petición de datos sobre acimut/distancia fuera de la banda de frecuencias 960-1 164 MHz. Tras recibir una señal de petición, las estaciones en tierra del SRNA utilizan la banda de frecuencias 960-1 164 MHz únicamente para transmitir la información de distancia que ha de recibirse en las estaciones SRNA a bordo de aeronaves. Por lo tanto, los sistemas ARNS del primer tipo utilizan la banda de frecuencias 960-1 164 MHz únicamente para transmitir las señales en sentido tierra-aire. El alcance máximo de los sistemas ARNS del primer tipo es de 400 km. Está previsto que se interrumpa la utilización de los SRNA de tipo 1 anteriormente mencionados en algunos países citados en el número 5.312 del RR.

- Tipo 2: comprende sistemas SRNA de radiogoniometría y determinación de distancia, concebidos para los mismos objetivos que los sistemas SRNA del primer tipo. La diferencia fundamental con respecto a las estaciones de este segundo tipo de sistemas es que las señales de petición son transmitidas por las estaciones a bordo de aeronaves en la misma banda de frecuencias que la de las señales transmitidas desde las estaciones en tierra. Además, las estaciones SRNA en tierra de este tipo pueden funcionar tanto en modo direccional como en modo omnidireccional. El modo direccional proporciona un mayor número de canales operacionales a las estaciones del SRNA. La distancia máxima de funcionamiento del primer tipo de sistemas SRNA es de 400 km. Se prevé utilizar toda la banda de frecuencias 960–1 164 MHz atribuida al SRNA en aras de una utilización más flexible del segundo tipo de sistemas SRNA. La aplicación del filtro de sintonización de banda ancha en la parte frontal del receptor SRNA constituye una peculiaridad de diseño del segundo tipo de sistemas SRNA, que obedece a la necesidad de recibir varias señales simultáneamente a través de diversos canales. La anchura de banda de 3 dB de ese filtro es de 22 MHz y permite recibir simultáneamente 5 canales, como máximo, entre 30 canales superpuestos de 4,3 MHz cada uno. La utilización simultánea del filtro de banda ancha y del correlador permite medir con mayor precisión los datos de posición de la aeronave y aumentar la relación portadora/ruido en la parte frontal del receptor. Este segundo tipo de sistemas SRNA sólo puede emplearse en algunos países mencionados en el número 5.312 del RR.
- Tipo 3: los sistemas SRNA de este tipo se utilizan en las etapas de vuelo de aproximación y aterrizaje. Proporcionan funciones de control de rumbo, distancia y radioalineación de descenso en las citadas etapas de vuelo. Las estaciones en tierra de este tercer tipo de SRNA funcionan tanto en modo direccional como en modo omnidireccional. El alcance de este tipo de sistemas SRNA es inferior a los 60 km. La banda de frecuencias 960–1 164 MHz se utiliza para el funcionamiento de los canales de control de la radioalineación de descenso y la distancia entre estaciones del SRNA a bordo de aeronaves y estaciones en tierra. Este tercer tipo de sistemas SRNA sólo puede emplearse en algunos países mencionados en el número 5.312 del RR.

En el Cuadro 2 que sigue a continuación figura una breve descripción técnica de las estaciones del SRNA.

Las estaciones de los sistemas no OACI que utilizan enlaces aire-tierra y tierra-aire constan de receptores y transmisores en tierra y a bordo de aeronaves.

CUADRO 2

Características típicas de las estaciones del SRNA que funcionan en los países mencionados en el número 5.312 del RR

Características del sistema SRNA		Tipo 1	Tipo 2		Tipo 3	
Objetivo	Unidades	Radiosistemas de navegación de corto alcance	Radiosistemas de navegación de corto alcance		Radiosistemas de aproximación y aterrizaje	
Gama de frecuencias de funcionamiento		960-1 000,5	960-1 164			
Sentido de la transmisión radioeléctrica	(MHz)	«Tierra-aeronave»	«Tierra-aeronave»	«aeronave-Tierra»	«Tierra-aeronave»	«aeronave-Tierra»
Gama de funcionamiento		hasta 400	hasta 400	hasta 400	hasta 45	hasta 45
Información transmitida	(km)	Transmisión de señales acimutales, señales de respuesta sobre distancia y petición de indicación	Transmisión de señales acimutales, señales de respuesta sobre distancia y petición de indicación	Transmisión de señales de petición de distancia y señales de respuesta sobre indicación	Transmisión de señales en la radioalineación de descenso, canales de rumbo y señales de respuesta sobre distancia	Transmisión de la petición de distancia
Características del transmisor						
Nombre de la estación		Estaciones en tierra en aeropuerto y de trayecto en ruta	Estaciones en tierra en aeropuerto y de trayecto en ruta	Estación a bordo de aeronave	Estación en tierra en aeropuerto	Estación a bordo de aeronave
Clase de transmisión		700KPXX	4M30P1N	4M30P1D	700KP0X; 4M30P1N	700KP0X; 4M30P1N
Separación de canal	(MHz)	0,7	0,7	0,7	0,7	2
Tipo de modulación		En régimen de impulsos	En régimen de impulsos	En régimen de impulsos	En régimen de impulsos	En régimen de impulsos
Potencia del transmisor (en régimen de impulsos)	(dBW)	20-45	29-39	27-33	3-30	5-33
Ciclo de trabajo	(%)	0,018; 0,066	0,064 – 0,3	0,00765	0,04; 0,025	0,009
Potencia media a la salida (mín./máx.)	(dBW)	7,6 / 13,2	7,1/13,8	-8,2	-4/-6	-7,5
Longitud del impulso	(µs)	1,5; 5,5	1,25; 1,5; 5,5	1,5	1,7	1,7

CUADRO 2 (fin)

Características del sistema SRNA		Tipo 1	Tipo 2		Tipo 3	
Objetivo	Unidades	Radiosistemas de navegación de corto alcance	Radiosistemas de navegación de corto alcance		Radiosistemas de aproximación y aterrizaje	
Tipo de antena		omnidireccional	en agrupación	omnidireccional	en agrupación	omnidireccional
Ganancia máx./mín. de antena	(dBi)	6/0	15,6	3/-10	10/0	1,5/-3
Altura sobre el suelo	(m)	10	10	hasta 12 000	10	hasta 12 000
Características del receptor						
Estación receptora		Estación a bordo de aeronave	Estación a bordo de aeronave	Estaciones en tierra en aeropuerto y de trayecto en ruta	Estación a bordo de aeronave	Estación en tierra de aeropuerto
Estación en tierra de aeropuerto	(m)	hasta 12 000	hasta 12 000	10	hasta 12 000	10
Anchura de banda del receptor de 3 dB	(MHz)	1,5	22	22	7	7
Temperatura de ruido del receptor, K	(K)	400	1 060	550	400	400
Ganancia máx./mín. de antena	(dBi)	1,5/-3	3/-10	14	1,5/-3	10/0
Polarización		horizontal	horizontal	horizontal	horizontal	horizontal
Sensibilidad del receptor	(dBW)	-120	-118	-125	-110...-120	-113
Relación de protección portadora/ruido	(dB)	25	17	20	25	25

NOTA – Las relaciones de protección que figuran en el Cuadro 2 corresponden a señales distintas a impulsos. En el caso de las señales en régimen de impulsos es necesario efectuar estudios adicionales. A este respecto, las señales cuya duración de impulso supera los 50 µs se consideran señales sin impulsos o continuas.

RECOMENDACIÓN UIT-R RS.2065-0

Protección de enlaces espacio-Tierra del servicio de investigación espacial (SIE) en las bandas 8 400-8 450 MHz y 8 450-8 500 MHz contra emisiones no deseadas de radares de apertura sintética que funcionan en el servicio de exploración de la Tierra por satélite (activo) alrededor de 9 600 MHz

(2014)

Cometido

La presente Recomendación proporciona técnicas de reducción de la interferencia para disminuir las emisiones no deseadas de los sistemas del servicio de exploración de la Tierra por satélite (SETS) (activo), en la banda del servicio de investigación espacial (SIE) y recomienda que los sistemas del SETS (activo) protejan por completo las operaciones de misiones del SIE (en espacio lejano) durante los eventos críticos y eviten, en todo momento, causar daños a los receptores de la estación terrena del SIE.

Palabras clave

Eventos críticos, deterioro, espacio profundo, estaciones terrenas, SETS (activo), interferencia, reducción, protección, criterio, receptor, SAR, saturación, espacio-Tierra, servicio de investigación espacial, SIE, radar de apertura sintética, emisiones no deseadas

Abreviaturas/glosario

SETS	Exploración de la Tierra por satélite
LFM	Modulación en frecuencia lineal
SAR	Radar de apertura sintética
SIE	Servicio de investigación espacial
TR	Transmisión-recepción

Recomendaciones e Informes de la UIT relacionados

Recomendación UIT-R RS.2043	Características de los radares de apertura sintética del servicio de exploración de la Tierra por satélite (activo) que funcionan en torno a 9 600 MHz
Recomendación UIT-R SA.609	Criterios de protección para los enlaces de radiocomunicación con satélites de investigación espacial, tripulados o no tripulados, próximos a la Tierra
Recomendación UIT-R SA.1014	Requisitos de telecomunicaciones para la investigación del espacio lejano con vuelos tripulados y no tripulados
Recomendación UIT-R SA.1157	Criterios de protección para la investigación del espacio lejano
Recomendación UIT-R SM.1541	Emisiones no deseadas en el dominio fuera de banda
Informe UIT-R RS.2308	Compatibilidad en radiofrecuencia de las emisiones no deseadas procedentes de los radares de apertura sintética del SETS en 9 GHz con el servicio de exploración de la Tierra por satélite (pasivo), el servicio de investigación espacial (pasivo), el servicio de investigación espacial y el servicio de radioastronomía que utilizan, respectivamente, las bandas de frecuencias 8 400-8 500 MHz y 10,6-10,7 GHz

La Asamblea de Radiocomunicaciones de la UIT,

considerando

- a) que la banda de frecuencias 9 300-9 800 MHz está atribuida a título primario al servicio SETS (activo);
- b) que la banda de frecuencias 9 800-9 900 MHz está atribuida a título secundario al servicio SETS (activo);
- c) que la banda de frecuencias 8 400-8 450 MHz está atribuida a título primario a los enlaces espacio-Tierra del servicio SIE (espacio lejano);
- d) que la banda de frecuencias 8 450-8 500 MHz está atribuida a título primario al SIE para los enlaces espacio-Tierra;
- e) que los sistemas que funcionan con radares activos en la banda de frecuencias 9 300-9 900 MHz utilizan emisiones de alta potencia en el sentido espacio-Tierra;
- f) que las estaciones terrenas del SIE (espacio lejano) que funcionan en la banda de frecuencias 8 400-8 450 MHz como se describe en la Recomendación UIT-R SA.1014, utilizan receptores extremadamente sensibles;
- g) que estas estaciones del SIE también apoyan misiones SIE como misiones de Lagrange y lunares en la banda de frecuencias 8 450-8 500 MHz;
- h) que la Recomendación UIT-R SA.1157 describe los criterios de protección de las misiones del SIE (espacio lejano) en la banda de frecuencias 8 400-8 450 MHz y la Recomendación UIT-R SA.609 los criterios de protección de las misiones del SIE en la banda de frecuencias 8 450-8 500 MHz;
- i) que las emisiones no deseadas del SETS (activo) que funciona en la banda de frecuencias 9 300-9 900 MHz pueden superar los criterios de protección del SIE (espacio lejano) en la banda 8 400-8 450 MHz;
- j) que casi todas las misiones del SIE (espacio lejano) utilizan la banda de frecuencias 8 400-8 450 MHz para dar apoyo a los acontecimientos rutinarios y críticos y casi todas las misiones SIE de Lagrange y lunares utilizan la banda de frecuencias 8 450-8 500 MHz;
- k) que los acontecimientos críticos del SIE (espacio lejano) como el lanzamiento, la inserción en órbita, el sobrevuelo planetario, y la reentrada, el descenso y el aterrizaje, incluida la recepción de muestras, a menudo determinan el éxito de las misiones del espacio lejano;
- l) que la interferencia durante los acontecimientos críticos de las misiones del SIE (espacio lejano) pueden causar la pérdida de datos esenciales o pueden incluso comprometer la seguridad y la supervivencia del vehículo especial;
- m) que, durante las operaciones de rutina de las misiones del SIE (espacio lejano), las emisiones no deseadas del SETS (activo) que exceden los criterios de protección del SIE (espacio lejano) con una probabilidad muy baja pueden ser aceptables;
- n) que las emisiones no deseadas del SETS (activo) pueden superar los niveles de saturación y los niveles de deterioro de los receptores de las estaciones terrenas del SIE descritos en el Anexo 1,

recomienda

- 1 que los sistemas de radares de apertura sintética (SAR) del SETS utilicen los métodos descritos en el Anexo 2 para reducir las emisiones no deseadas en la banda de frecuencias 8 400-8 500 MHz a fin de:
 - a) evitar, en todo momento, los daños a los receptores de las estaciones terrenas del SIE;

- b) reducir la probabilidad de saturar los receptores de las estaciones terrenas del SIE;
- c) evitar causar una interferencia que supere los criterios de protección de las estaciones terrenas del SIE (espacio lejano) durante los acontecimientos críticos;
- 2 que, como último recurso, en el caso de que no pueda satisfacerse plenamente el *recomienda 1* con la aplicación de los métodos descritos en el Anexo 2, los operadores de los sistemas SAR del SETS prevean cualquier acontecimiento que pueda causar una posible interferencia para reducirla mediante la coordinación de las operaciones con los operadores de las misiones del SIE, al menos siete días antes del acontecimiento para las operaciones de rutina del SAR del SETS, y al menos 24 horas antes de la adquisición de imágenes por el SAR del SETS en casos de emergencia como la gestión de catástrofes;
- 3 que, para facilitar la utilización de alguna de las técnicas de reducción así como la coordinación de las operaciones, los operadores de sistemas SAR del SETS y de sistemas del SIE compartan las características orbitales y de telecomunicaciones de sus respectivos sistemas, incluidos la trayectoria actualizada de sus misiones, el apuntamiento de la antena y el calendario de los acontecimientos críticos;
- 4 que los niveles de saturación y de deterioro del Cuadro 1 del Anexo 1 se apliquen cuando se aplican los *recomienda 1, 2 y 3*;
- 5 que los *recomienda 1, 2, 3 y 4* solo deben aplicarse a las estaciones terrenas del SIE enumeradas en la Recomendación UIT-R SA.1014.

Anexo 1

Deterioro y saturación de los receptores frontales de las estaciones terrenas del SIE (espacio lejano)

La Recomendación UIT-R SA.1014 contiene la descripción de las características y la ubicación de los receptores del SIE (espacio lejano). La agencia civil espacial de los Estados Unidos de América, la Administración Nacional de Aeronáutica y del Espacio (NASA), y la Agencia Espacial Europea (ESA) han proporcionado las características de los niveles de saturación y de posible deterioro de los receptores de sus estaciones terrenas para el espacio lejano. El Cuadro A1-1 contiene un resumen de estos valores.

CUADRO A1-1

Niveles de saturación y de deterioro de los receptores de las estaciones terrenas del SIE (espacio lejano)

Parámetro	Unidades	NASA	ESA
Banda de frecuencias	MHz	8 200-8 700	8 400-8 500
Nivel de saturación	dBW	-115	-117
Nivel de deterioro	dBW	-105	-107

Estos niveles de saturación y de deterioro se miden directamente en el terminal de entrada de los receptores frontales. Los receptores de las estaciones terrenas del SIE (espacio lejano) de la NASA están diseñados para dar apoyo también al radar del sistema solar de la NASA que funciona en la banda 8 500-8 700 MHz, atribuida al servicio de radiolocalización.

Las estaciones terrenas del SIE descritas en la Recomendación UIT-R SA.1014 están diseñadas para dar apoyo también a las misiones de Lagrange y lunares en la banda 8 450-8 500 MHz. Estos niveles de deterioro no deben superarse en ningún momento. Las emisiones no deseadas del servicio SETS (activo) deben permanecer por debajo del nivel de saturación durante los acontecimientos críticos de las misiones del SIE (espacio lejano). Las estaciones terrenas del SIE no descritas en la Recomendación UIT-R SA.1014 utilizan normalmente tecnologías de receptores frontales diferentes. Estas tecnologías son típicamente menos susceptibles a la saturación y el deterioro provocados por las emisiones no deseadas del SETS (activo).

Anexo 2

Técnicas de reducción para disminuir las emisiones no deseadas de los sistemas del SETS (activo) que funcionan alrededor de 9 600 MHz en el SIE en las bandas de frecuencias 8 400-8 450 MHz y 8 450-8 500 MHz

Este Anexo contiene los resultados de los cálculos teóricos de las emisiones no deseadas de los sistemas SETS (activo) alrededor de 9 600 MHz utilizando los parámetros de SAR-1, SAR-2 y SAR-3 de la Recomendación UIT-R RS.2043. Se examinan varias técnicas de reducción para disminuir las emisiones no deseadas de los sistemas SETS (activo) en la banda 8 400-8 450 MHz del SIE (espacio lejano) y en la banda 8 450-8 500 MHz del SIE.

1 Protección de los enlaces espacio-Tierra del SIE

La Recomendación UIT-R SA.1157 estipula el criterio de protección de las estaciones terrenas de investigación del espacio lejano de -221 dB (W/Hz) para la banda de frecuencias 8 400-8 450 MHz del SIE. El cálculo de la interferencia fuera de la línea de visibilidad debida a la propagación transhorizonte debe realizarse con las estadísticas meteorológicas del 0,001% del tiempo. La Recomendación UIT-R SA.1157 ofrece los criterios de protección para los sistemas receptores de los sistemas SIE (espacio lejano). El cumplimiento de los criterios de protección para estos equipos determina el éxito de la misión en el caso de las misiones del SIE en el espacio lejano. La interferencia perjudicial durante los acontecimientos críticos, por ejemplo la inserción en órbita, el sobrevuelo planetario y las fases de reentrada, descenso y aterrizaje, puede causar la pérdida del vehículo espacial o la pérdida de datos esenciales. También se producen acontecimientos críticos en el caso de las observaciones científicas únicas cuando un vehículo espacial penetra en la atmósfera de un planeta o una luna, o impacta contra una luna, un planeta, un asteroide o un cometa. El vehículo puede destruirse durante el proceso. Los datos transmitidos durante la aproximación, o en los momentos anteriores al impacto y durante el impacto, pueden determinar el éxito de las misiones. Por lo tanto, la protección de los vehículos espaciales y de las estaciones terrenas del SIE en el espacio lejano durante los acontecimientos críticos, en la medida solicitada por la Recomendación UIT-R SA.1157, es fundamental para el éxito de las misiones del SIE en el espacio lejano.

Además, las situaciones de emergencia de un vehículo espacial de los sistemas del espacio lejano deben considerarse como un acontecimiento crítico.

La Recomendación UIT-R SA.609 estipula, además, el criterio de protección de las estaciones terrenas del SIE en -216 dB para la banda de frecuencias 8 450-8 500 MHz del SIE. El cálculo de la interferencia resultante de los efectos atmosféricos y de las precipitaciones se debe basar en estadísticas meteorológicas durante el 0,1% del tiempo para las misiones no tripuladas, como las misiones de Lagrange y lunares.

2 Características de los sistemas SETS (activo) alrededor de 9 600 MHz

Algunos sistemas SAR utilizan la banda 9 300-9 900 MHz, típicamente identificada como la banda 9 600 MHz del SETS (activo). La Recomendación UIT-R RS.2043 ofrece las características de tres sistemas SAR que funcionan en esta banda.

CUADRO A2-1
Características de los sistemas SAR-1, SAR-2 y SAR-3

Parámetro	SAR-1	SAR-2	SAR-3
Altitud orbital (km)	400	619	506
Inclinación orbital (grados)	57	98	98
Frecuencia central de RF (GHz)	9,6	9,6	9,6
Potencia de cresta radiada (W)	1 500	5 000	25 000
Modulación de impulsos	Fluctuación modulada linealmente en frecuencia	Fluctuación modulada linealmente en frecuencia	Fluctuación modulada linealmente en frecuencia
Anchura de banda de la fluctuación (MHz)	10	400	450
Duración del impulso (μ s)	33,8	10-80	1-10
Frecuencia de repetición de impulsos (ips)	1 736	2 000-4 500	410-515
Ciclo de trabajo (%)	5,9	2,0-28,0	0,04-0,5
Relación de compresión de gama	338	< 12 000	450-4 500
Tipo de antena	Guíaondas ranurado	Red coplanar	Red coplanar en fase
Ganancia de antena de cresta (dBi)	44,0	44,0-46,0	39,5-42,5
p.i.r.e. (dBW)	75,8	83,0	83,5-88,5
Orientación de la antena con respecto al nadir	20° a 55°	34°	20° a 44°
Anchura de haz de la antena	5,5° (El) 0,14° (Az)	1,6-2,3° (El) 0,3° (Az)	1,1-2,3° (El) 1,15° (Az)
Polarización de la antena	Lineal vertical	Lineal HH o VV	Lineal horizontal/ vertical
Temperatura de ruido del sistema (K)	551	500	600

3 Emisiones no deseadas de los sistemas SETS (activo) en el rango de frecuencias 8 400-8 500 MHz

Los niveles teóricos de emisiones no deseadas de los tres sistemas SAR descritos en el Cuadro A2-1 en la banda de frecuencias 8 400-8 450 MHz se muestran en el Cuadro A2-2. Se considera que los sistemas SAR de MF lineal (LFM) tiene un tiempo de subida de 10 ns y un tiempo de caída del impulso de 10 ns con formas de onda trapezoidales. Las duraciones de impulso para los sistemas SAR-2 y SAR-3 son 10 μ s y 1 μ s, respectivamente. La ganancia de la antena de la estación terrena del SIE en el espacio lejano es 74 dBi.

CUADRO A2-2

Emisiones no deseadas de los sistemas SAR-1, SAR-2 y SAR-3 en la banda 8 400-8 450 MHz

Parámetro	SAR-1	SAR-2	SAR-3
p.i.r.e. (dBW)	76	83	86
Ancho de banda (MHz)	10	400	450
Distancia oblicua mínima (km)	424	654	536
Pérdidas espaciales (dB)	-164	-167	-166
Ganancia de cresta de la antena del receptor (dBi)	74	74	74
Perdida de polarización (dB)	-3	-3	-3
Reducción espectral (dB)	-109	-86	-78
Densidad espectral de potencia de la interferencia de recepción (dB(W/Hz))	-196	-185	-174
Criterio de protección en el espacio lejano (dB(W/Hz))	-221	-221	-221
Rebasamiento del criterio de protección (dB)	25	36	47

El Cuadro A2-2 muestra que las emisiones no deseadas de los sistemas SAR-1, SAR-2 y SAR-3 superan el criterio de protección en el espacio lejano en valores comprendidos entre 25 y 47 dB. Las emisiones de los sistemas SAR están calculadas teniendo en cuenta la reducción espectral teórica de las señales del SAR. Es posible que se produzcan emisiones no deseadas mayores cuando los sistemas del SETS (activo) incluyen componentes como los amplificadores de potencia muy eficientes que funcionan en modos de saturación. El cálculo de las emisiones no deseadas de los sistemas SAR que utilizan el Anexo 8 de la Recomendación UIT-R SM.1541 da como resultado unas emisiones deseadas mayores, y por lo tanto, una interferencia mayor en los enlaces espacio-Tierra del SIE (espacio lejano) en la banda 8 400-8 450 MHz. Para calcular los niveles de atenuación necesarios para proteger las operaciones del SIE (espacio lejano) y proteger los receptores del SIE del deterioro, se debe utilizar los valores de las emisiones no deseadas de los equipos del SETS (activo), en vez de los valores teóricos.

El nivel de las emisiones que se producen en la banda de frecuencias 8 450-8 500 MHz debería ser mayor debido a la reducida separación de frecuencias. Aunque los estudios muestran que no se produce interferencia perjudicial en esta banda, puede existir un riesgo de saturación o deterioro de los receptores terrestres en caso de iluminación directa, lo que requiere la aplicación de técnicas de reducción específicas también en esta banda.

4 Técnicas de reducción

En esta sección se describen varias técnicas de reducción de interferencia. La posible interferencia producida por las emisiones no deseadas de los sistemas SETS (activo) puede reducirse utilizando una de las técnicas descritas, o una combinación de ellas. En general, las tres primeras técnicas, la conformación de impulso, el apuntamiento de la antena y el filtrado pueden reducir de manera significativa las emisiones no deseadas de los sistemas SETS (activo).

4.1 Conformación de impulso

La conformación de impulso cambia la envolvente de los impulsos chirp modulados con MF lineal para reducir las emisiones no deseadas. Comparado con un sistema LFM con 10 ns de tiempo de subida y 10 ns de bajada de impulso, un conformado de impulso con formas de onda trapezoidales y formas de onda de coseno alzado con 100 ns de tiempo de subida y 100 ns de bajada de impulso puede, en teoría, reducir las emisiones no deseadas de los radares LFM en 17 dB a 26 dB aproximadamente. El Cuadro A2-3 muestra que una forma de onda trapezoidal con 100 ns de tiempo de subida y 100 ns de bajada de impulso puede reducir las emisiones no deseadas de un sistema SAR-1 para situarlo por debajo del nivel de protección del SIE (espacio lejano), aunque las emisiones no deseadas de los sistemas SAR-2 y SAR-3 seguirán superando el nivel de protección. Con el conformado de impulso del coseno alzado, las emisiones no deseadas de los tres sistemas SAR están por debajo de los criterios de protección. Cabe señalar que las imperfecciones y las no linealidades de varios componentes de la cadena de transmisión del SETS (activo) incrementarán seguramente las emisiones no deseadas.

CUADRO A2-3

**Emisiones no deseadas del SETS (activo) con forma de onda trapezoidal,
con un tiempo de subida y una bajada de impulso de 100 ns
en la banda 8 400-8 450 MHz**

Parámetro	SAR-1	SAR-2	SAR-3
p.i.r.e. (dBW)	76	83	86
Ancho de banda (MHz)	10	400	450
Distancia oblicua mínima (km)	424	654	536
Pérdidas espaciales (dB)	-164	-167	-166
Ganancia de cresta de la antena del receptor (dBi)	74	74	74
Perdida de polarización (dB)	-3	-3	-3
Reducción espectral (dB)	-135	-106	-95
Densidad espectral de potencia de la interferencia de recepción (dB(W/Hz))	-222	-205	-191
Criterio de protección en el espacio lejano (dB(W/Hz))	-221	-221	-221
Rebasamiento del criterio de protección (dB)	-1	16	30

CUADRO A2-4

**Emisiones no deseadas del SETS (activo) con forma de coseno alzado,
con un tiempo de subida y una bajada de impulso de 100 ns
en la banda 8 400-8 450 MHz**

Parámetro	SAR-1	SAR-2	SAR-3
p.i.r.e. (dBW)	76	83	86
Ancho de banda (MHz)	10	400	450
Distancia oblicua mínima (km)	424	654	536
Pérdidas espaciales (dB)	-164	-167	-166
Ganancia de cresta de la antena del receptor (dBi)	74	74	74
Perdida de polarización (dB)	-3	-3	-3
Reducción espectral (dB)	-168	-147	-137
Densidad espectral de potencia de la interferencia de recepción (dB(W/Hz))	-255	-246	-233
Criterio de protección en el espacio lejano (dB(W/Hz))	-221	-221	-221
Rebasamiento del criterio de protección (dB)	-34	-25	-12

4.2 Apuntamiento de antena

Los tres sistemas SAR del Informe UIT-R RS.2094 tienen unas antenas muy directivas. Por ejemplo, la ganancia de cresta de una antena de un sistema SAR-2 está entre 43 dBi y 46 dBi. El diagrama de antena en dirección horizontal (o acimut) cae rápidamente a -3 dBi. Si el SAR-2 puede no apuntar la antena hacia las estaciones terrenas del SIE, las emisiones no deseadas del sistema SAR-2 pueden reducirse en 46 a 49 dB. Técnicas similares también funcionan en los sistemas SAR-1 y SAR-3.

4.3 Filtrado

Dependiendo de las configuraciones de los sistemas del SETS (activo), se puede incorporar filtros y guías de onda en transmisión con una frecuencia de corte con pendiente abrupta en la parte baja de la banda del SETS (activo) para limitar las emisiones no deseadas de los sistemas. Se han utilizado con éxito técnicas de filtrado en los enlaces espacio-Tierra del SETS en la banda de frecuencias 8 025-8 400 MHz con el fin de reducir las emisiones no deseadas de estos enlaces en la banda de frecuencias 8 400-8 450 MHz, en -40 dB e incluso más.

Los sistemas SAR pueden utilizar sistemas de antenas en fase compuestas por varios centenares de módulos de transmisión y recepción (TR) que incluyen amplificadores de potencia. Cualquier filtrado de salida debería aplicarse en las etapas de potencia de estos módulos con el consiguiente incremento de la complejidad, el coste y las pérdidas de rendimiento del radar.

Sin embargo, en caso de necesidad, se puede introducir el filtro de ranura adecuado en la cadena de transmisión para atenuar en lo posible las emisiones no deseadas del SAR, en una banda limitada.

4.4 Selección de la frecuencia de barrido y de la anchura de impulso

La disminución espectral de las emisiones no deseadas para un radar LFM depende de la frecuencia de barrido y de la anchura de impulso de la señal chirp LFM. La emisión no deseada aumenta cuando se incrementa la frecuencia de barrido del chirp. También aumenta cuando disminuye la anchura del impulso del chirp. Puede ser posible para el operador de un SETS (activo) variar la frecuencia de barrido y la anchura del impulso del radar para reducir las emisiones no deseadas, particularmente cuando la antena del SETS (activo) apunta cerca de la estación terrena del SIE (espacio lejano). La eficacia de estas técnicas es limitada. Pueden reducir las emisiones no deseadas de un sistema SETS (activo) solo en unos pocos decibelios.

4.5 Separación geográfica

También es posible reducir la interferencia de los sistemas SETS (activo) mediante la separación geográfica. Los sistemas SETS (activo) pueden respetar una distancia oblicua mínima a la estación terrena del SIE utilizando la información de la Recomendación UIT-R SA.1014 para mantener una pérdida en espacio libre mínima, creando una zona de exclusión. Llevado al extremo, los sistemas SETS (activo) pueden evitar la transmisión cuando existe línea de visibilidad directa entre los sistemas SETS (activo) y una de las estaciones terrenas del SIE.

RECOMENDACIÓN UIT-R RS.2066-0

**Protección del servicio de radioastronomía en la banda de frecuencias
10,6-10,7 GHz contra emisiones no deseadas de radares de apertura
sintética que funcionan en el servicio de exploración de la Tierra
por satélite (activo) alrededor de 9 600 MHz**

(2014)

Cometido

La presente Recomendación proporciona un procedimiento operativo para evitar el acoplamiento de haz principal a haz principal entre los sistemas SAR-4 del SETS (activo) cuando transmiten cerca de 9 600 MHz y las estaciones del SRA que llevan a cabo observaciones en la banda 10,6-10,7 GHz para no causar daños al sensible amplificador de bajo nivel de ruido del SRA.

Palabras clave

Mitigación, SETS (activo), SRA

Abreviaturas/Glosario

SAR Radar de apertura sintética

Recomendaciones, Informes de la UIT relacionados

Recomendación UIT-R RS.2043	Características de los radares de apertura sintética del servicio de exploración de la Tierra por satélite (activo) que funcionan en torno a 9 600 MHz
Informe UIT-R RA.2188	Niveles de densidad de flujo de potencia y p.i.r.e. potencialmente perjudiciales para los receptores de radioastronomía
Informe UIT-R RS.2274	Necesidades de espectro de las aplicaciones de radar de apertura sintética en vehículos espaciales previstas en una atribución ampliada al servicio de exploración de la Tierra por satélite alrededor de 9 600 MHz
Informe UIT-R RS.2308	Compatibilidad en radiofrecuencia de emisiones no deseadas procedentes de radares de apertura sintética del SETS en 9 GHz con el servicio de exploración de la Tierra por satélite (pasivo), el servicio de investigación espacial (pasivo), el servicio de investigación espacial y el servicio de radioastronomía que utilizan, respectivamente, las bandas de frecuencias 8 400-8 500 MHz y 10,6-10,7 GHz

La Asamblea de Radiocomunicaciones de la UIT,

considerando

- a) que la banda de frecuencias 9 300-9 800 MHz está atribuida al SETS (activo) a título primario;
- b) que la banda de frecuencias 9 800-9 900 MHz está atribuida al SETS (activo) a título secundario;
- c) que la banda de frecuencias 10,6-10,7 GHz está atribuida al SRA a título primario;
- d) que los sistemas del SETS (activo) que funcionan con radares activos en torno a 9 600 MHz usan emisiones chirp de alta potencia en el sentido espacio-Tierra;
- e) que las estaciones de radioastronomía que funcionan en la banda de frecuencias 10,6-10,7 GHz utilizan amplificadores de bajo ruido extremadamente sensibles;
- f) que el Informe UIT-R RA.2188 proporciona los niveles de densidad de flujo de potencia y de p.i.r.e. que podrían dañar los amplificadores de bajo ruido del SRA o sus etapas de entrada;
- g) que el nivel de interferencia recibido por las estaciones del SRA proveniente de las emisiones de los sistemas del SETS (activo) pueden, en casos excepcionales de acoplamiento entre haces principales, alcanzar o superar los niveles críticos que figuran en el Informe UIT-R RA.2188,

recomienda

1 que, con el fin de garantizar la compatibilidad de las estaciones SAR del SETS y las del SRA, los sistemas SAR del SETS que funcionan alrededor de 9 600 MHz eviten, en la mayor medida posible, iluminar una zona en torno a las estaciones de radioastronomía. El tamaño de esa zona se define en el Anexo 1. El Anexo 2 facilita una lista de las estaciones del SRA que pueden funcionar en la banda de frecuencias 10,6-10,7 GHz y efectuar observaciones durante los periodos de iluminación;

2 que, en el caso en que no se cumplan las condiciones a las que se refiere el *recomienda* 1, el operador del sistema SAR del SETS debe ponerse en contacto con el operador de la estación de radioastronomía interesada por lo menos siete días naturales antes de un suceso para las operaciones rutinarias y por lo menos 24 horas antes para la toma de imágenes SAR del SETS únicamente en casos de emergencia tales como la gestión de catástrofes con el fin de coordinar y, si es preciso, llegar a un acuerdo sobre mitigación u otras medidas preventivas.

Anexo 1

Determinación de la zona de protección en torno a las estaciones del SRA

El contorno del haz de emisión correspondiente al margen determinado por la Recomendación UIT-R RA.2188 define la zona perjudicial en el hipotético caso de acoplamiento entre los haces principales de las antenas. Este tipo de contorno tiene forma de elipse con un eje mayor $\delta\theta_h$ en la dirección horizontal del haz y un eje menor $\delta\theta_v$ en la dirección vertical que delimita así una zona en la que la potencia recibida en la estación del SRA superaría el valor de -18 dBW. La proyección sobre la superficie de la Tierra determina la zona que se debe proteger con un área definida por $\pm\delta h$ en la dirección horizontal y por $\pm\delta v$ en la dirección vertical en torno a la estación de radioastronomía. El Cuadro 1 muestra la gama de parámetros necesarios para evitar daños accidentales al receptor¹ del SRA con una antena de 100 m y considerando el SAR-4 descrito en la Recomendación UIT-R RS.2043.

CUADRO 1

Parámetros para evitar daños accidentales a los receptores de radioastronomía

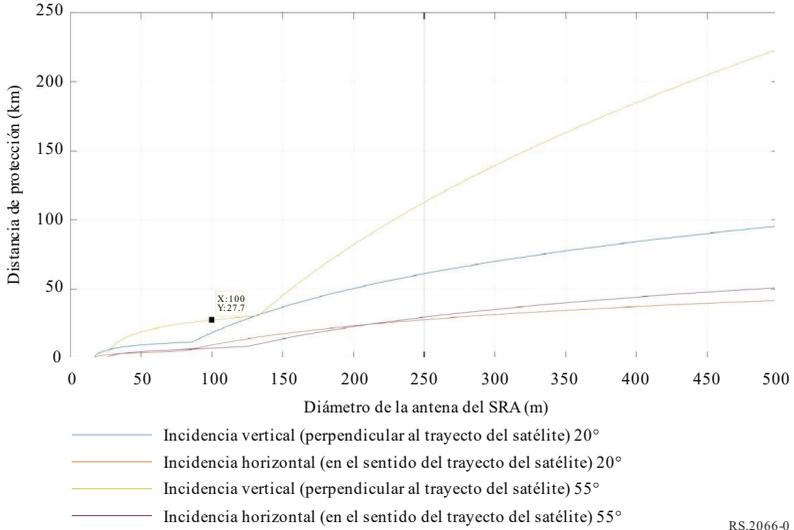
Ángulo incidente Φ	Ángulo de desplazamiento horizontal $\delta\theta_h$	Ángulo de desplazamiento vertical $\delta\theta_v$	Separación horizontal (km) δh	Separación vertical (km) δv
20°	1,02°	1,8°	9,6	18,2
55°	0,5°	1,1°	7,4	28,1

La Fig. 1 muestra la forma de la zona que debe protegerse en torno a la estación del SRA, en función del diámetro de la antena del SRA y del ángulo de incidencia. Se puede observar que no existe ninguna restricción para las estaciones del SRA con diámetros de antena inferiores a 17 m y que la distancia de separación máxima de la estación del SRA es de 28 km para la mayoría de las estaciones.

¹ En la dirección vertical existe una asimetría del 5,6% para $\delta\theta_v$ y δv entre los ángulos de desplazamiento interior y exterior y las distancias que no se ha tenido en cuenta. Se ha hecho una aproximación mediante rectángulos de las proyecciones sobre el suelo de los contornos marginales que son elipses distorsionadas.

FIGURA 1

Tamaño de la zona en torno a las estaciones del SRA que debe protegerse considerando las características del SAR-4 del SETS



RS.2066-0

De forma más general, para un ángulo de incidencia dado i , la distancia entre el satélite SAR y la zona de adquisición viene determinada por:

$$d = \sqrt{(r + h)^2 - r^2 * \text{sen}^2(i)} - r * \text{cos}(i)$$

donde:

- r: radio de la Tierra (km)
- i: ángulo de incidencia (°)
- h: altitud del SAR (km).

El ángulo correspondiente entre el nadir y la zona de adquisición en el plano vertical viene dado por:

$$\theta_v = \text{asen}\left(\frac{r * \text{sen}(i)}{r + h}\right)$$

donde:

- r: radio de la Tierra (km)
- i: ángulo de incidencia (°)
- h: altitud del SAR (km).

La ganancia máxima de la antena del SRA se puede obtener a partir del diámetro de la antena y de la frecuencia mediante la ecuación siguiente:

$$G_r = 8,9 + 20 \log(\pi D f)$$

donde:

- D: diámetro de la antena del SRA (m)
- f: frecuencia (GHz).

A partir de estos valores, se obtiene la ganancia de la antena del SRA que permite cumplir la limitación de potencia en recepción de -18 dBW mediante la ecuación:

$$G_e = Pr_{limit} + L_p - G_r - P_e$$

donde:

- Pr_{limit} : potencia recibida que no se debe exceder (-18 dBW por debajo de 20 GHz)
- L_p : pérdidas de espacio libre (dB)
- G_r : ganancia máxima de la antena del SRA (dBi)
- P_e : potencia de pico del SAR (dBW).

Utilizando los diagramas horizontal y vertical de la antena del SAR es posible determinar los correspondientes ángulos de desplazamiento $\delta\theta_h$ y $\delta\theta_v$. A partir de estos ángulos se pueden obtener las distancias de separación horizontal y vertical δh y δv .

$$\delta h = r * \text{asen}\left(\frac{d \tan(\delta\theta_h)}{r}\right)$$

donde:

- r : radio de la Tierra (km)
- d : distancia oblicua (km)
- $\delta\theta_h$: ángulo de desplazamiento horizontal ($^\circ$).

La distancia oblicua entre el satélite y la estación del SRA que cumple el límite de potencia recibida viene dado por:

$$d + \delta d = (r + h) \cos(\theta_v + \delta\theta_v) - \sqrt{r^2 - (r + h)^2 \sin^2(\theta_v + \delta\theta_v)}$$

donde:

- r : radio de la Tierra (km)
- d : distancia oblicua entre el satélite y la zona de adquisición (km)
- h : altitud del satélite SAR (km)
- θ_v : ángulo entre el nadir y la zona de adquisición en el plano vertical ($^\circ$)
- $\delta\theta_v$: ángulo de desplazamiento vertical ($^\circ$).

Y también se puede obtener la distancia de separación vertical, δv :

$$\delta v = r \left(\text{asen}\left(\frac{(d + \delta d)}{r} \sin(\theta_v + \delta\theta_v)\right) - \text{asen}\left(\frac{d}{r} \sin(\theta_v)\right) \right)$$

donde:

- r : radio de la Tierra (km)
- d : distancia oblicua entre el satélite y la zona de adquisición (km)
- $d + \delta d$: distancia oblicua entre el satélite y la estación del SRA (km)
- θ_v : ángulo entre el nadir y la zona de adquisición en el plano vertical ($^\circ$)
- $\delta\theta_v$: ángulo de desplazamiento vertical ($^\circ$).

Anexo 2

**Lista de estaciones de radioastronomía que funcionan
en la banda 10,6-10,7 GHz**

Región 1

País	Nombre	Latitud N	Longitud E	Tamaño de la antena (m)
Bélgica	Humain	50° 11' 30"	05° 15' 27"	4
Finlandia	Metsahövi	60° 13' 04"	24° 23' 37"	13,7
Alemania	Effelsberg	50° 31' 29"	06° 53' 03"	100
	Stockert	50° 34' 10"	06° 43' 19"	10
	Wettzell	49° 08' 41"	12° 52' 40"	20, 13,2
Italia	Medicina	44° 31' 14"	11° 38' 49"	32
	Noto	36° 52' 33"	14° 59' 20"	32
	Sardinia	39° 29' 34"	09° 14' 42"	64
Letonia	Ventspils	57° 33' 12"	21° 51' 17"	32
Noruega	Ny Ålesund	78° 55' 45"	11° 52' 15"	20
Portugal	Flores	38° 31' 12"	-31° 07' 48"	13
	Santa Maria	36° 58' 12"	-25° 10' 12"	13
Rusia	Badari	51° 45' 27"	102° 13' 16"	32
	Kaliazyn	57° 13' 29"	37° 54' 01"	64
	Pushchino	54° 49' 20"	37° 37' 53"	22
	Svetloe	61° 05' 00"	29° 46' 54"	32
	Zelenchukskaya	43° 49' 34"	41° 35' 12"	32
Sudáfrica	Hartebeesthoek	-25° 52' 48"	-27° 40' 48"	64
	MeerKAT	-30° 43' 16"	21° 24' 40"	64 antenas de 13,5
España	Robledo	40° 25' 38"	-04° 14' 57"	70,34
	Tenerife	28° 30' 00"	-16° 30' 00"	12
	Yebes	40° 31' 27"	-03° 05' 22"	40
Suecia	Onsala	57° 23' 45"	11° 55' 35"	20
	Onsala	57° 23' 35"	11° 55' 04"	2 antenas de 12
Suiza	Bleien	47° 20' 26"	08° 06' 44"	5
Turquía	Kayseri	38° 59' 45"	36° 17' 58"	5
RU	Merlin Cambridge (mean)	52° 10' 01"	00° 03' 08"	32
	Merlin Knockin	52° 47' 25"	-02° 59' 50"	25
	Merlin Darnhall	53° 09' 23"	-02° 32' 09"	25
	Merlin Jodrell Bank (mean)	53° 14' 07"	-02° 18' 23"	64
	Merlin Pickmere	53° 17' 19"	-02° 26' 44"	25

**Lista de estaciones de radioastronomía que funcionan
en la banda 10,6-10,7 GHz**

Región 2

País	Nombre	Latitud N	Longitud E	Tamaño de la antena (m)
Brasil	Itapetinga	-23° 11' 05"	-46° 33' 28"	14
Canadá	Algonquin Radio Obsy	45° 57' 19"	-78° 04' 23"	3,7 y 9,1
EE.UU.	Arecibo	18° 20' 39"	-66° 45' 10"	305
	GGAO Greenbelt	39° 06' 00"	-76° 29' 24"	12
	Green Bank Telescope	38° 25' 59"	-79° 50' 23"	100
	Haystack	42° 36' 36"	-71° 28' 12"	18
	Kokee Park	22° 07' 34"	-159° 39' 54"	20
	Jansky VLA	33° 58' 22" a 34° 14' 56"	-107° 24' 40" a -107° 48' 22"	27 antenas de 25
	VLBA Brewster, WA	48° 07' 52"	-119° 41' 00"	25
	VLBA Fort Davis, TX	30° 38' 06"	-103° 56' 41"	25
	VLBA Hancock, NH	42° 56' 01"	-71° 59' 12"	25
	VLBA Kitt Peak, AZ	31° 57' 23"	-111° 36' 45"	25
	VLBA Los Alamos, NM	35° 46' 30"	-106° 14' 44"	25
	VLBA Mauna Kea, HI	19° 48' 05"	-155° 27' 20"	25
	VLBA North Liberty, IA	41° 46' 17"	-91° 34' 27"	25
	VLBA Owens Valley, CA	37° 13' 54"	-118° 16' 37"	40
	VLBA Pie Town, NM	34° 18' 04"	-108° 07' 09"	25
	VLBA St. Croix, VI	17° 45' 24"	-64° 35' 01"	25
Allen Telescope Array	40° 10' 44"	-119° 31' 53"	42 antenas de 6	
Goldstone	35° 25' 33"	-116° 53' 22"	70,3	

**Lista de estaciones de radioastronomía que funcionan
en la banda 10,6-10,7 GHz**

Región 3

País	Nombre	Latitud N	Longitud E	Tamaño de la antena (m)
Australia	Parkes	-33° 00' 00"	148° 15' 44"	64
	Katherine	-14° 22' 32"	132° 09' 09"	12
	Mopra	-31° 16' 04"	149° 05' 58"	22
	ATCA (Narrabri)	-30° 59' 52"	149° 32' 56"	6 antenas de 22
	Tidbinbilla	-35° 24' 18"	148° 58' 59"	70, 34
	Hobart (Mt. Pleasant)	-42° 48' 18"	147° 26' 21"	26
	Ceduna	-31° 52' 05"	133° 48' 37"	30
	Yarragadee	-29° 02' 47"	115° 20' 48"	12
China	Miyun	40° 33' 29"	116° 58' 37"	50
	Sheshan	31° 05' 58"	121° 11' 59"	25
	Nanshan	43° 28' 16"	87° 10' 40"	25
	Tianma	31° 05' 13"	121° 09' 48"	65
	CSRH	42° 12' 31"	115° 14' 45"	60 antenas de 2
	QTT	43° 36' 04"	89° 40' 57"	110
Japón	Nobeyama	35° 56' 40"	138° 28' 21"	45
	VERA-Mizusawa	39° 08' 01"	141° 07' 57"	20, 10
	VERA-Iriki	31° 44' 52"	130° 26' 24"	20
	VERA-Ogasawara	27° 05' 31"	142° 13' 00"	20
	VERA-Ishigakijima	24° 24' 44"	124° 10' 16"	20
	Ishioka	36° 12' 31"	140° 13' 36"	13,2
	Kashima	35° 57' 21"	140° 39' 36"	34
	Usuda	36° 07' 57"	138° 21' 46"	64
	Nishi-Waseda	35° 42' 25"	139° 43' 20"	2,4 antenas de 64
	Tomakomai	42° 40' 25"	141° 35' 48"	11
	Gifu	35° 28' 03"	136° 44' 14"	11
	Yamaguchi	34° 12' 58"	131° 33' 26"	32
	Tsukuba	36° 06' 11"	140° 05' 19"	32
Corea	KSWC (Jeju)	33° 42' 36"	126° 29' 26"	3
	SGOC (Sejong)	36° 31' 12"	127° 18' 00"	22
	K-SRBL	36° 24' 00"	127° 22' 12"	2 antenas de 2
	KVN-Yonsei	37° 33' 55"	126° 56' 27"	21
	KVN-Ulsan	35° 32' 33"	129° 15' 04"	21
	KVN-Tamna	33° 17' 21"	126° 27' 37"	21
Nueva Zelandia	Warkworth	-36° 25' 59"	174° 39' 52"	30, 12

RECOMENDACIÓN UIT-R S.2157-0

Procedimientos para la evaluación de la interferencia causada por un sistema de satélites no geostacionarios a un conjunto global de los enlaces de referencia genéricos de satélites geostacionarios en las bandas de frecuencias 37,5-39,5 GHz (espacio-Tierra), 39,5-42,5 GHz (espacio-Tierra), 47,2-50,2 GHz (Tierra-espacio) y 50,4-51,4 GHz (Tierra-espacio)

(2023)

NOTA – Con la aprobación de esta Recomendación no debe interpretarse que el UIT-R haya expresado opiniones directas o indirectas a favor de cualquiera de los métodos incluidos en el Informe de la RPC sobre el punto 7, tema G del orden del día de la CMR-23¹.

Cometido

Esta Recomendación proporciona procedimientos para la evaluación de la conformidad de cualquier sistema de órbita no geostacionaria (no OSG) con el número 22.5L del Reglamento de Radiocomunicaciones (RR) a fin de garantizar la protección de las redes de satélites de órbita geoestacionaria (OSG) en las bandas de frecuencias 37,5-39,5 GHz (espacio-Tierra), 39,5-42,5 GHz (espacio-Tierra), 47,2-50,2 GHz (Tierra-espacio) y 50,4-51,4 GHz (Tierra-espacio).

Palabras clave

Interferencia admisible de una sola fuente, degradación de la calidad de funcionamiento del enlace, codificación y modulación adaptativas, enlaces de referencia genéricos OSG, disponibilidad y eficacia espectral, desvanecimiento por precipitación

Abreviaturas/Glosario

ACM Codificación y modulación adaptativas (*adaptive coding and modulation*)

DFPE Densidad de flujo de potencia equivalente

FDA Función de distribución acumulativa

FDP Función de densidad de probabilidad

Recomendaciones e Informes de la UIT conexos

Recomendación UIT-R P.618 – Datos de propagación y métodos de predicción necesarios para el diseño de sistemas de telecomunicación Tierra-espacio

Recomendación UIT-R S.1503 – Descripción funcional que ha de utilizarse en el desarrollo de herramientas informáticas para determinar la conformidad de redes de satélites no geostacionarios del servicio fijo por satélite con los límites contenidos en el Artículo 22 del Reglamento de Radiocomunicaciones

Recomendación UIT-R S.2131 – Método para determinar los objetivos de calidad de funcionamiento para trayectos digitales ficticios de referencia que utilizan codificación y modulación adaptativas

La Asamblea de Radiocomunicaciones de la UIT,

considerando

a) que las redes del servicio fijo por satélite (SFS) en órbita geoestacionaria (OSG) y no geostacionaria (no OSG) pueden funcionar en las bandas de frecuencias 37,5-39,5 GHz

¹ *Nota de la Secretaría:* Esta Nota se eliminará tras la CMR-23.

(espacio-Tierra), 39,5-42,5 GHz (espacio-Tierra), 47,2-50,2 GHz (Tierra-espacio) y 50,4-51,4 GHz (Tierra-espacio);

b) que la CMR-19 ha adoptado los números **22.5L** y **22.5M**, en los que se especifican los límites de una sola fuente y límites combinados aplicables a los sistemas del SFS no OSG en las bandas de frecuencias 37,5-39,5 GHz (espacio-Tierra), 39,5-42,5 GHz (espacio-Tierra), 47,2-50,2 GHz (Tierra-espacio) y 50,4-51,4 GHz (Tierra-espacio) para proteger las redes OSG que funcionan en las mismas bandas de frecuencias,

reconociendo

a) que el Sector de Radiocomunicaciones de la UIT (UIT-R) ha elaborado una metodología, recogida en la Recomendación UIT-R S.1503, para obtener la densidad de flujo de potencia equivalente (dfpe) generada por cualquier sistema del SFS no OSG considerado;

b) que, según los cálculos basados en la Recomendación UIT-R S.1503, la verificación de la interferencia de la dfpe causada en todo el mundo por cualquier sistema no OSG puede realizarse mediante un conjunto de balances de enlaces de referencia genéricos OSG, cuyas características tengan en cuenta el despliegue global de redes OSG y sean independientes de cualquier ubicación geográfica específica;

c) que la Resolución **769 (CMR-19)** trata de la protección de las redes OSG contra las emisiones combinadas de sistemas no OSG,

recomienda

que se consideren los procedimientos especificados en los Anexos 1 y 2 al evaluar la conformidad de cualquier sistema no OSG con el número **22.5L** del Reglamento de Radiocomunicaciones a fin de garantizar la protección de las redes de satélites OSG en las bandas de frecuencias 37,5-39,5 GHz (espacio-Tierra), 39,5-42,5 GHz (espacio-Tierra), 47,2-50,2 GHz (Tierra-espacio) y 50,4-51,4 GHz (Tierra-espacio).

Anexo 1

Procedimiento de la Oficina para verificar la conformidad de los sistemas del SFS no OSG con el número 22.5L del Reglamento de Radiocomunicaciones en las bandas de frecuencias 37,5-39,5 GHz (espacio-Tierra), 39,5-42,5 GHz (espacio-Tierra), 47,2-50,2 GHz (Tierra-espacio) y 50,4-51,4 GHz (Tierra-espacio)

En este Anexo se describe el procedimiento para validar el cumplimiento de la interferencia admisible de una sola fuente causada por un sistema de satélites no OSG a redes de satélites OSG utilizando los parámetros de los enlaces de referencia genéricos OSG del Anexo 1 a la Resolución **770 (CMR-19)** y para calcular los efectos de las interferencias utilizando la última versión de la Recomendación UIT-R S.1503. El procedimiento para determinar el cumplimiento con la interferencia admisible de una sola fuente se basa en los siguientes principios.

Principio 1: Las dos fuentes de degradación de la calidad de funcionamiento del enlace variables en el tiempo que se han de tener en cuenta en la verificación son el desvanecimiento del enlace (debido a la lluvia), conforme a las características del enlace de referencia OSG genérico descritas en la Resolución **770 (CMR-19)**, y la interferencia causada por un sistema no OSG. La relación *C/N* total en el ancho de banda de referencia para una determinada portadora es:

$$C/N = C/(N_T + I) \quad (1)$$

siendo:

- C: potencia de la señal deseada (W) en el ancho de banda de referencia, que varía en función de los desvanecimientos y de la configuración de la transmisión
- N: potencia de ruido (W) en el ancho de banda de referencia
- N_T : potencia de ruido total del sistema (W) en el ancho de banda de referencia
- I: potencia de la interferencia que varía con el tiempo (W) en el ancho de banda de referencia generado por otras redes.

Principio 2: El cálculo de la eficiencia espectral se centra en los sistemas de satélites que utilizan la codificación y modulación adaptativas (ACM) mediante el cálculo de la degradación del caudal como función de la C/N , que varía de acuerdo con los efectos de la propagación y de la interferencia en el enlace del satélite a largo plazo.

Principio 3: Durante un episodio de desvanecimiento en sentido descendente, si las portadoras tienen la misma polarización, la portadora interferente se atenuará en la misma medida que la portadora deseada. Como resultado de este principio, se tiende a subestimar ligeramente los efectos de la interferencia del enlace descendente.

Implementación del algoritmo de verificación

Para determinar si una red del SFS no OSG cumple el número **22.5L** del Reglamento de Radiocomunicaciones, se deben utilizar los parámetros de los enlaces de referencia genéricos OSG descritos en el Anexo 1 a la Resolución **770 (CMR-19)**, como se indica en el siguiente algoritmo.

En el análisis paramétrico se proporciona una gama de valores en la sección 2 de los Cuadros 1 y 2 del Anexo 1 a la Resolución **770 (CMR-19)** para cada uno de los siguientes parámetros:

- variación de la densidad de p.i.r.e.
- ángulo de elevación (grados)
- altura de la lluvia (m)
- latitud (grados)
- intensidad de lluvia del 0,01% (mm/hr)
- altitud de la estación terrena (m)
- temperatura de ruido de la estación terrena (K) o temperatura de ruido del satélite (K), según proceda.

Se debe generar un conjunto de enlaces de referencia genéricos OSG, utilizando un valor de cada caso de servicio de la sección 1 de los Cuadros 1 y 2 del Anexo 1 a la Resolución **770 (CMR-19)**, así como un valor de cada parámetro del análisis paramétrico de la sección 2 de los Cuadros 1 y 2. Con este conjunto de enlaces de referencia genéricos OSG, se procederá del modo siguiente:

*La frecuencia que debe utilizarse en los siguientes pasos, excepto en el paso 2, es 37,5 GHz para el sentido espacio-Tierra y 47,2 GHz para el sentido Tierra-espacio. La frecuencia f_{GHz} , que se debe utilizar en el paso 2 se determina aplicando la metodología de la Recomendación UIT-R S.1503 a las frecuencias notificadas del sistema no OSG y a las bandas de frecuencias a las que se aplica el número **22.5L** del Reglamento de Radiocomunicaciones.*

Para cada uno de los enlaces de referencia genéricos OSG

{

Paso 0: Determinar si este enlace de referencia OSG genérico es válido y seleccionar el umbral apropiado.

Si el enlace de referencia OSG genérico es válido, entonces

{

Paso 1: Calcular la función de densidad de probabilidad (FDP) del desvanecimiento debido a la lluvia que se ha de utilizar en la convolución

Paso 2: Utilizar la Recomendación UIT-R S.1503 para obtener la FDP de la dfpe del sistema del SFS no OSG

Paso 3: Realizar una convolución modificada (espacio-Tierra) o una convolución (Tierra-espacio) con la FDP del desvanecimiento debido a la lluvia y con la FDP de la dfpe. Con esta convolución se obtiene la FDP de C/N y C/(N_T+I)

Paso 4: Utilizar las FDP de C/N y C/(N_T+I) para determinar si se cumple el número 22.5L del Reglamento de Radiocomunicaciones

}

}

Si el sistema no OSG que se está examinando cumple el número 22.5L del Reglamento de Radiocomunicaciones con respecto a todos los enlaces de referencia genéricos OSG, la conclusión de la evaluación es favorable; de lo contrario, la conclusión es desfavorable.

Cada uno de estos pasos se describe con mayor detalle para los procedimientos espacio-Tierra y Tierra-espacio en los Adjuntos 1 y 2 al presente Anexo, respectivamente.

Adjunto 1 al Anexo 1

Etapas aplicables al sentido espacio-Tierra en las bandas de frecuencias 37,5-39,5 GHz y 39,5-42,5 GHz para determinar el cumplimiento con el número 22.5L del Reglamento de Radiocomunicaciones

Al aplicar los siguientes pasos, se determina el efecto de la interferencia de una sola fuente del sistema no OSG sobre la disponibilidad y la eficiencia espectral de un enlace de referencia OSG genérico. Se utilizan los parámetros de los enlaces de referencia genéricos OSG del Anexo 1 a la Resolución 770 (CMR-19), considerando todas las permutaciones paramétricas posibles, junto con la dfpe correspondiente a la configuración geométrica más desfavorable de la versión más reciente de la Recomendación UIT-R S.1503. El resultado de la Recomendación UIT-R S.1503 es un conjunto de estadísticas de interferencia que genera un sistema no OSG. Posteriormente, se utilizan estas estadísticas de interferencia para determinar los efectos de la interferencia en cada enlace de referencia OSG genérico.

Paso 0: Verificación del enlace de referencia OSG genérico y selección del umbral de C/N

Se llevarán a cabo los siguientes pasos para determinar si el enlace de referencia OSG genérico es válido y, si lo es, cuál de los umbrales $\left(\frac{C}{N}\right)_{Thr,i}$ debe utilizarse. Se supone que $R_s = 6\,378,137$ km,

$R_{geo} = 42\,164$ km, $k_{dB} = -228,6$ dB(J/K) y $c = 2,99792458 \times 10^5$ km/s.

Cabe destacar que el término «función de distribución acumulativa» comprende también el concepto de función de distribución acumulativa complementaria, según el contexto.

- 1) Calcular la ganancia de pico de la antena de estación terrena en dBi utilizando:
para $20 \leq D/\lambda \leq 100$

$$G_{m\acute{a}x} = 20 \log \left(\frac{D}{\lambda} \right) + 7,7 \quad \text{dBi}$$

para $D/\lambda > 100$

$$G_{m\acute{a}x} = 20 \log \left(\frac{D}{\lambda} \right) + 8,4 \quad \text{dBi}$$

- 2) Calcular la distancia del trayecto oblicuo en km utilizando:

$$d_{km} = R_s \left(\sqrt{\frac{R_{geo}^2}{R_s^2} - \cos^2(\epsilon)} - \text{sen}(\epsilon) \right)$$

- 3) Calcular las pérdidas de trayecto en espacio libre en dB utilizando:

$$L_{fs} = 92,45 + 20 \log(f_{GHz}) + 20 \log(d_{km})$$

- 4) Calcular la potencia de la señal deseada en el ancho de banda de referencia en dBW teniendo en cuenta las pérdidas adicionales del enlace:

$$C = p.i.r.e. + \Delta p.i.r.e. - L_{fs} + G_{m\acute{a}x} - L_o$$

- 5) Calcular la potencia de ruido total en el ancho de banda de referencia en dBW/MHz utilizando:

$$N_T = 10 \log(T \cdot B_{MHz} \cdot 10^6) + k_{dB} + M_{ointra} + M_{ointer}$$

- 6) Para cada umbral $(C/N)_{Thr,i}$, obtener el margen disponible para las precipitaciones para ese caso en dB:

$$A_{rain,i} = C - N_T - \left(\frac{C}{N} \right)_{Thr,i}$$

- 7) Si para cada umbral $(C/N)_{Thr,i}$ el margen $A_{rain,i} \leq A_{min}$, entonces este enlace de referencia OSG genérico no es válido.

- 8) Para cada uno de los umbrales $(C/N)_{Thr,i}$ para los que $A_{rain,i} > A_{min}$, llevar a cabo el paso 9.

- 9) Utilizando el modelo de precipitación del Anexo 2 a la presente Recomendación y los valores seleccionados de intensidad de lluvia, la altura de la estación terrena, la altura de la lluvia, la latitud de la estación terrena, el ángulo de elevación, la frecuencia y el margen del desvanecimiento debido a la lluvia calculado y suponiendo polarización vertical, se calcula el porcentaje de tiempo asociado, $p_{rain,i}$.

- 10) Si para cada umbral $(C/N)_{Thr,i}$ el porcentaje de tiempo asociado no se encuentra en la gama:

$$0,01\% \leq P_{rain,i} \leq 10\%$$

este enlace de referencia OSG genérico no es válido.

- 11) Si por lo menos uno de los umbrales cumple los criterios en los pasos 7 y 10, entonces se utiliza en el análisis el umbral $(C/N)_{Thr}$ más bajo que cumpla esos criterios.

NOTA – A_{min} es 3 dB.

Paso 1: Generación de la FDP del desvanecimiento debido a precipitaciones

La FDP del desvanecimiento debido a las precipitaciones debe generarse utilizando el Anexo 2 a la presente Recomendación a partir de los valores seleccionados de la intensidad de lluvia, la altura de

la estación terrena, la latitud de la estación terrena, la altura de la lluvia, el ángulo de elevación y la frecuencia (recogidos en el Cuadro 2 del Anexo 2) y suponiendo polarización vertical, de la forma siguiente:

- 1) Calcular la profundidad del desvanecimiento máximo $A_{rain}(p)$ utilizando $p = p_{min}$, teniendo en cuenta que p_{min} se facilita en el Anexo 2.
- 2) Generar un conjunto de N sectores de 0,1 sectores de ancho del desvanecimiento debido a las precipitaciones A_{rain} entre 0 dB y el valor redondeado a 1 dígito a la derecha del separador decimal de $(A_{rain}(p_{min}))+0,1$ dB.
- 3) Para cada uno de los sectores, determinar la probabilidad asociada p para generar una función de distribución acumulativa (FDA) de A_{rain}

$$FDA_n = \text{Probabilidad de que } A_{rain} \geq ((n-1) * 0,1)dB \quad \text{para } n < N$$

$$FDA_n = 0\% \quad \text{para } n = N$$

con $n = 1, 2, 3, \dots, N$.

- 4) Para cada uno de los sectores, convertir esta FDA en una FDP de A_{rain}

$$FDP_n = \frac{FDA_n - FDA_{n+1}}{100} \quad \text{para } n < N$$

$$FDP_n = 0\% \quad \text{para } n = N$$

donde: $\sum_{n=1}^N FDP_n = 1$

Para garantizar la coherencia con los resultados de la Recomendación UIT S.1503 se debe utilizar un tamaño de sector de 0,1 dB. Cada sector de la FDA incluye la probabilidad de que el desvanecimiento debido a las precipitaciones sea de por lo menos A_{rain} dB. Cada sector de la FDP incluye la probabilidad de que el desvanecimiento debido a las precipitaciones se encuentre entre A_{rain} y $A_{rain} + 0,1$ dB.

Paso 2: Generación de la FDP de la dfpe

Se debe utilizar la Recomendación UIT-R S.1503 para determinar la FDA de la dfpe a partir de los parámetros del SFS no OSG y de la frecuencia, el tamaño de la antena y el diagrama de ganancia de la antena de estación terrena. La FDA de la dfpe se calculará para la configuración geométrica más desfavorable a partir de la Recomendación UIT-R S.1503. La FDA de la dfpe estará compuesta por N sectores separados por 0,1 dB.

La FDA de la dfpe se convertirá entonces en una FDP, de la manera siguiente:

- 1) Garantizar que el porcentaje de tiempo es del 100% para los primeros sectores de la FDA de dfpe y del 0% para los últimos sectores
- 2) Para cada uno de los sectores, convertir esta FDA en una FDP de la dfpe

$$FDP_n = \frac{FDA_n - FDA_{n+1}}{100} \quad \text{para } n < N$$

$$FDP_n = 0 \quad \text{para } n = N$$

donde: $\sum_{n=1}^N FDP_n = 1$

Cada sector de la FDA de la dfpe incluye la probabilidad de una dfpe de X dB W/m² como mínimo en el ancho de banda de referencia. Cada sector de la FDP incluye la probabilidad de que la dfpe se encuentre entre X y $X + 0,1$ dB.

Paso 3: Creación de las FDA de C/N y $C/(N+I)$ mediante la convolución modificada de la FDP del desvanecimiento debido a las precipitaciones con la FDP de la dfpe

Para el enlace de referencia OSG genérico, las FDP de C/N y $C/(N+I)$ se deben generar utilizando los pasos siguientes para realizar la convolución discreta modificada:

Inicializar las distribuciones de C/N y $C/(N+I)$ con el tamaño de sector de 0,1 dB

Calcular el área efectiva de una antena isótropa para la longitud de onda λ utilizando:

$$A_{ISO} = 10 \log \left(\frac{\lambda^2}{4\pi} \right)$$

Calcular la potencia de la señal deseada teniendo en cuenta las pérdidas de enlace adicionales y la ganancia de antena en el borde de cobertura:

$$C = p.i.r.e. + \Delta p.i.r.e. - L_{fs} + G_{m\acute{a}x} - L_o$$

Calcular la potencia de ruido del sistema utilizando:

$$N_T = 10 \log(T \cdot B_{MHz} \cdot 10^6) + k_{dB} + M_{ointra}$$

Para cada valor de A_{rain} en la FDP de desvanecimiento por precipitaciones

{

Calcular la potencia de la señal deseada con desvanecimiento utilizando:

$$C_f = C - A_{rain}$$

Calcular la C/N utilizando:

$$\frac{C}{N} = C_f - N_T$$

Actualizar la distribución de C/N con estas C/N y la probabilidad asociada con este A_{rain}

Para cada valor de dfpe en la FDP de dfpe

{

Calcular la interferencia proveniente de la dfpe teniendo en cuenta el desvanecimiento debido a las precipitaciones utilizando:

$$I = EPPFD + G_{peak} + A_{iso} - A_{rain}$$

Calcular el ruido más la interferencia utilizando:

$$(N_T + I) = 10 \log(10^{N_T/10} + 10^{I/10})$$

Calcular la $C/(N+I)$ utilizando:

$$\frac{C}{N+I} = C_f - (N_T + I)$$

Identificar el sector de $C/(N+I)$ pertinente para este valor de $C/(N+I)$

Incrementar la probabilidad de este sector con el producto de las probabilidades de este desvanecimiento debido a las precipitaciones y la dfpe

}

}

Paso 4: Utilizar las distribuciones de C/N y $C/(N+I)$ con los criterios del número 22.5L del Reglamento de Radiocomunicaciones

A continuación, se utilizan las distribuciones de C/N y $C/(N+I)$ para comprobar los criterios de disponibilidad y de eficiencia espectral del número 22.5L del Reglamento de Radiocomunicaciones, como sigue:

Paso 4A: Comprobar el incremento de la indisponibilidad

Utilizando el umbral $\left(\frac{C}{N}\right)_{Thr}$ seleccionado para el enlace de referencia OSG genérico, determinar lo siguiente:

$$U_R = \text{Suma de las probabilidades de todos los sectores para los que } C/N < \left(\frac{C}{N}\right)_{Thr}$$

$$U_{RI} = \text{Suma de las probabilidades de todos los sectores para los que } C/(N+I) < \left(\frac{C}{N}\right)_{Thr}$$

La condición que hay que verificar para el cumplimiento es:

$$U_{RI} \leq 1,03 \times U_R$$

Paso 4B: Comprobar la disminución de la eficiencia espectral promedio ponderada en el tiempo

Determinar la eficiencia espectral promedio ponderada en el tiempo a largo plazo, SE_R , suponiendo precipitación únicamente mediante:

$$\text{Establecer } SE_R = 0$$

Para todos los sectores en la FDP de C/N por encima del umbral $\left(\frac{C}{N}\right)_{Thr}$

{

Se debe utilizar la ecuación (3) del Anexo a la Recomendación UIT-R S.2131-1 para convertir la C/N en una eficiencia espectral

Incrementar SE_R con la eficiencia espectral multiplicada por la probabilidad asociada con esa C/N

}

Determinar la eficiencia espectral promedio ponderada en el tiempo a largo plazo, SE_{RI} , suponiendo precipitación e interferencia mediante:

$$\text{Establecer } SE_{RI} = 0$$

Para todos los sectores de la FDP de $C/(N+I)$ por encima del umbral $\left(\frac{C}{N}\right)_{Thr}$

{

Se debe utilizar la ecuación (3) del Anexo a la Recomendación UIT-R S.2131-1 para convertir la $C/(N+I)$ en una eficiencia espectral

Incrementar SE_{RI} con la eficiencia espectral multiplicada por la probabilidad asociada con esa $C/(N+I)$

}

La condición que hay que verificar para el cumplimiento es:

$$SE_{RI} \geq SE_R * (1 - 0,03)$$

Adjunto 2 al Anexo 1

Pasos del algoritmo que se aplican en el sentido Tierra-espacio en las bandas de frecuencias 47,2-50,2 GHz y 50,4-51,4 GHz para determinar el cumplimiento con el número 22.5L del Reglamento de Radiocomunicaciones

Al aplicar los siguientes pasos, se determina el efecto de la interferencia de una sola fuente del sistema no OSG sobre la disponibilidad y la eficiencia espectral de un enlace de referencia OSG genérico. Se utilizan los parámetros de los enlaces de referencia genéricos OSG del Anexo 1 a la Resolución 770 (CMR-19), considerando todas las permutaciones paramétricas posibles, junto con la dfpe correspondiente a la configuración geométrica más desfavorable de la versión más reciente de la Recomendación UIT-R S.1503. El resultado de la Recomendación UIT-R S.1503 es un conjunto de estadísticas de interferencia que genera un sistema no OSG. Posteriormente, se utilizan estas estadísticas de interferencia para determinar los efectos de la interferencia en cada enlace de referencia OSG genérico.

Paso 0: Verificación del enlace de referencia OSG genérico y selección del umbral de C/N

Se llevarán a cabo los siguientes pasos para determinar si el enlace de referencia OSG genérico es válido y, si lo es, cuál de los umbrales debe utilizarse. Se supone que $R_s = 6\,378,137$ km, $R_{geo} = 42\,164$ km, $k_{dB} = -228,6$ dB(J/K) y $c = 2,99792458 \times 10^5$ km/s.

Cabe destacar que el término «función de distribución acumulativa» comprende también el concepto de función de distribución acumulativa complementaria, según el contexto.

- 1) Calcular la distancia del trayecto oblicuo en km utilizando:

$$d_{km} = R_s \left(\sqrt{\frac{R_{geo}^2}{R_s^2} - \cos^2(\epsilon)} - \sin(\epsilon) \right)$$

- 2) Calcular las pérdidas de trayecto en espacio libre en dB utilizando:

$$L_{fs} = 92,45 + 20 \log(f_{GHz}) + 20 \log(d_{km})$$

- 3) Calcular la potencia de la señal deseada en el ancho de banda de referencia en dBW teniendo en cuenta las pérdidas adicionales del enlace y la ganancia de antena en el borde de cobertura:

$$C = p_{ire} + \Delta p_{ire} - L_{fs} + G_{m\acute{a}x} - L_o + G_{rel}$$

- 4) Calcular la potencia de ruido total en el ancho de banda de referencia en dBW/MHz utilizando:

$$N_T = 10 \log(T \cdot B_{MHz} \cdot 10^6) + k_{dB} + M_{ointra} + M_{ointer}$$

- 5) Para cada umbral $(C/N)_{Thr,i}$, obtener el margen de precipitación para ese caso en dB:

$$A_{rain,i} = C - N_T - \left(\frac{C}{N}\right)_{Thr,i}$$

- 6) Si para cada umbral $(C/N)_{Thr,i}$ el margen $A_{rain,i} \leq A_{min}$, entonces este enlace de referencia OSG genérico no es válido.
- 7) Para cada uno de los umbrales $(C/N)_{Thr,i}$ para los que $A_{rain,i} > A_{min}$, llevar a cabo el paso 8.
- 8) Utilizando el modelo de precipitación del Anexo 2 y los valores seleccionados de intensidad de lluvia, la altura de la estación terrena, la altura de la lluvia, la latitud de la estación terrena, el ángulo de elevación, la frecuencia y el margen del desvanecimiento debido a las

precipitaciones calculado y suponiendo polarización vertical, se calcula el porcentaje de tiempo asociado, $p_{rain,i}$.

- 9) Si para cada umbral $(C/N)_{Thr,i}$ el porcentaje de tiempo asociado no se encuentra en la gama:

$$0,01\% \leq p_{rain,i} \leq 10\%$$

este enlace de referencia OSG genérico no es válido.

- 10) Si por lo menos uno de los umbrales cumple los criterios en los pasos 6 y 9, entonces se debe utilizar en el análisis el umbral $(C/N)_{Thr}$ más bajo que cumpla esos criterios.

NOTA – A_{min} es 3 dB y la ganancia de antena relativa al pico hacia la estación terrena, $G_{rel} = -3$ dB.

Paso 1: Generación de la FDP del desvanecimiento debido a precipitaciones

La FDP del desvanecimiento debido a las precipitaciones debe generarse utilizando el Anexo 2 a la presente Recomendación a partir de los valores seleccionados de la intensidad de lluvia, la altura de la estación terrena, la latitud de la estación terrena, la altura de la lluvia, el ángulo de elevación y la frecuencia y suponiendo polarización vertical, de la forma siguiente:

- 1) Calcular la profundidad del desvanecimiento máximo A_{rain} (p) utilizando $p = p_{min}$, teniendo en cuenta que p_{min} se facilita en el Anexo 2.
- 2) Generar un conjunto de N sectores de ancho de 0,1 dB entre 0 dB y el valor redondeado a 1 dígito a la derecha del separador decimal de $(A_{rain}(p_{min})+0,1$ dB.
- 3) Para cada uno de los sectores, determinar la probabilidad asociada p para generar una función de distribución acumulativa (FDA) de A_{rain}

$$FDA_n = \text{Probabilidad de que } A_{rain} \geq ((n-1) * 0,1) \text{ dB} \quad \text{para } n < N$$

$$FDA_n = 0\% \quad \text{para } n = N$$

con $n = 1, 2, 3, \dots, N$.

- 4) Para cada uno de los sectores, convertir esta FDA en una FDP de A_{rain}

$$FDP_n = FDA_n - FDA_{n+1} \quad \text{para } n < N$$

$$FDP_n = 0\% \quad \text{para } n = N$$

donde: $\sum_{n=1}^N FDP_n = 100\%$

Para garantizar la coherencia con los resultados de la Recomendación UIT S.1503 se debe utilizar un tamaño de sector de 0,1 dB. Cada sector de la FDA incluye la probabilidad de que el desvanecimiento debido a las precipitaciones sea de por lo menos A_{rain} dB. Cada sector de la FDP incluye la probabilidad de que el desvanecimiento debido a las precipitaciones se encuentre entre A_{rain} y $A_{rain} + 0,1$ dB.

Paso 2: Generación de la FDP de la dfpe

Se debe utilizar la Recomendación UIT-R S.1503 para determinar la FDA de la dfpe a partir de los parámetros del SFS no OSG y de la frecuencia, el tamaño de la antena y el diagrama de ganancia de la antena de estación terrena. La FDA de la dfpe se calculará para la configuración geométrica más desfavorable de la Recomendación UIT-R S.1503.

La FDA de la dfpe se convertirá entonces en una FDP:

Paso 3: Creación de las FDA de C/N y $C/(N+I)$ mediante la convolución de la FDP del desvanecimiento debido a la precipitación con la FDP de la dfpe

Para el enlace de referencia OSG genérico, las FDP de C/N y $C/(N+I)$ se deben generar utilizando los pasos siguientes para realizar la convolución discreta:

Inicializar las distribuciones de C/N y $C/(N+I)$ con el tamaño de sector de 0,1 dB

Calcular el área efectiva de una antena isotrópica para la longitud de onda λ utilizando:

$$A_{ISO} = 10 \log\left(\frac{\lambda^2}{4\pi}\right)$$

Calcular la potencia de la señal deseada teniendo en cuenta las pérdidas de enlace adicionales y la ganancia de antena en el borde de cobertura:

$$C = eirp + \Delta eirp - L_{fs} + G_{max} - L_o + G_{rel}$$

Calcular la potencia de ruido del sistema utilizando:

$$N_T = 10 \log(T \cdot B_{MHz} \cdot 10^6) + k_{dB} + M_{ointra}$$

Para cada valor de A_{rain} en la FDP de desvanecimiento por precipitaciones

{

Calcular la potencia de la señal deseada con desvanecimiento utilizando:

$$C_f = C - A_{rain}$$

Calcular la C/N utilizando:

$$\frac{C}{N} = C_f - N_T$$

Actualizar la distribución de C/N con estas C/N y la probabilidad asociada con este A_{rain}

Para cada valor de $dfpe$ en la FDP de $dfpe$

{

Calcular la interferencia proveniente de la $dfpe$:

$$I = EPFD + G_{peak} + A_{iso}$$

Calcular el ruido más la interferencia utilizando:

$$(N_T + I) = 10 \log(10^{N_T/10} + 10^{I/10})$$

Calcular la $C/(N+I)$ utilizando:

$$\frac{C}{N+I} = C_f - (N_T + I)$$

Identificar el sector de $C/(N+I)$ pertinente para este valor de $C/(N+I)$

Incrementar la probabilidad de este sector con el producto de las probabilidades de este desvanecimiento debido a las precipitaciones y la $dfpe$

}

}

Paso 4: Utilizar las distribuciones de C/N y C/(N+I) con los criterios del número 22.5L del Reglamento de Radiocomunicaciones

A continuación, se utilizan las distribuciones de C/N y $C/(N+I)$ para comprobar los criterios de disponibilidad y de eficiencia espectral del número 22.5L del Reglamento de Radiocomunicaciones, como sigue:

Paso 4A: Comprobar el incremento de la indisponibilidad

Utilizando el umbral $\left(\frac{C}{N}\right)_{Thr}$ seleccionado para el enlace de referencia OSG genérico, determinar lo siguiente:

$$U_R = \text{Suma de las probabilidades de todos los sectores para los que } C/N < \left(\frac{C}{N}\right)_{Thr}$$

$$U_{RI} = \text{Suma de las probabilidades de todos los sectores para los que } C/(N+I) < \left(\frac{C}{N}\right)_{Thr}$$

La condición cuyo cumplimiento hay que verificar es:

$$U_{RI} \leq 1,03 \times U_R$$

Paso 4B: Comprobar la disminución de la eficiencia espectral promedio ponderada en el tiempo

Determinar la eficiencia espectral promedio ponderada en el tiempo a largo plazo, SE_R , suponiendo precipitación únicamente mediante:

$$\text{Establecer } SE_R = 0$$

Para todos los sectores en la FDP de C/N por encima del umbral $\left(\frac{C}{N}\right)_{Thr}$

{

Se debe utilizar la ecuación (3) del Anexo a la Recomendación UIT-R S.2131-1 para convertir la C/N en una eficiencia espectral

Incrementar SE_R con la eficiencia espectral multiplicada por la probabilidad asociada con esa C/N

}

Determinar la eficiencia espectral promedio ponderada en el tiempo a largo plazo, SE_{RI} , suponiendo precipitación e interferencia mediante:

$$\text{Establecer } SE_{RI} = 0$$

Para todos los sectores de la FDP de $C/(N+I)$ por encima del umbral $\left(\frac{C}{N}\right)_{Thr}$

{

Se debe utilizar la ecuación (3) del Anexo a la Recomendación UIT-R S.2131-1 para convertir la $C/(N+I)$ en una eficiencia espectral

Incrementar SE_{RI} con la eficiencia espectral multiplicada por la probabilidad asociada con esa $C/(N+I)$

}

La condición cuyo cumplimiento hay que verificar es:

$$SE_{RI} \geq SE_R * (1 - 0,03)$$

Anexo 2

Cálculo de estadísticas de desvanecimiento debido a precipitaciones

Las estadísticas a largo plazo del desvanecimiento debido a precipitaciones que deben utilizarse vienen dadas por las ecuaciones siguientes:

$$\begin{array}{ll}
 A_{rain}(p_{mín}) & \text{para } 0\% \leq p \leq p_{mín} \\
 A_{rain}(p) & \text{para } p_{mín} < p \leq p_1 \\
 A_{rain}(p_1)(\log_{10}(p) - 1)/(\log_{10}(p_1) - 1) & p_1 < p \leq p_{máx} \\
 0 \text{ dB} & p_{máx} < p \leq 100\%
 \end{array}$$

donde $p_{máx}$ es una probabilidad de desvanecimiento debido a la lluvia superior a 0 dB (véase el parámetro de 2.9 en los Cuadros 1 y 2 del Anexo 1 a la Resolución **770 (CMR-19)**); $A_{rain}(p)$ se calcula como se indica en el número 2.2.1.1. de la Recomendación UIT-R P.618-13; y p_1 y $p_{mín}$ se indican en el Cuadro 1 para el sentido espacio-Tierra OSG ($F = 37,5$ GHz) y en el Cuadro 2 para el sentido Tierra-espacio GSO ($F = 47,2$ GHz); el índice de lluvias y las condiciones de lluvia conexas para los dos sentidos figuran en el Cuadro 3.

CUADRO 1
 P_1 y P_{min} que se deben utilizar en el sentido espacio-Tierra (enlace descendente)

Índice	P_1 (%)	P_{min} (%)									
1	2,4116	0,002233	15	2,27683	0,001509	29	2,5255	0,001016	43	2,1999	0,001004
2	2,43056	0,002184	16	2,132474	0,002155	30	2,5531	0,001021	44	2,22281	0,001006
3	2,45185	0,002007	17	2,15401	0,002046	31	2,24996	0,002127	45	2,24985	0,001
4	2,17104	0,004299	18	2,17912	0,001918	32	2,26854	0,002023	46	2,53394	0,001595
5	2,1888	0,004098	19	2,62353	0,001001	33	2,28952	0,001914	47	2,5582	0,001529
6	2,20875	0,003859	20	2,692	0,001006	34	2,14671	0,002772	48	2,58521	0,001417
7	2,072122	0,005539	21	2,8211	0,001015	35	2,16454	0,002648	49	2,20414	0,003914
8	2,08942	0,005269	22	2,37672	0,001007	36	2,184672	0,002505	50	2,22922	0,003662
9	2,10884	0,005003	23	2,43951	0,001006	37	2,56214	0,001013	51	2,25721	0,003423
10	2,46476	0,001003	24	2,5431	0,001004	38	2,59324	0,001005	52	2,05972	0,005707
11	2,48883	0,001012	25	2,276	0,001	39	2,62902	0,001013	53	2,08493	0,005346
12	2,5169	0,001008	26	2,33666	0,001003	40	2,30243	0,001005	54	2,113093	0,004968
13	2,22858	0,001696	27	2,43675	0,001007	41	2,3264	0,001			
14	2,25085	0,001597	28	2,50513	0,001055	42	2,35466	0,001008			

CUADRO 2
P₁ y *p_{min}* que se deben utilizar en el sentido Tierra-espacio (enlace ascendente)

Índice	<i>P₁</i> (%)	<i>p_{min}</i> (%)									
1	2,33455	0,002786	15	2,20921	0,001796	29	2,44635	0,001235	43	2,131202	0,001002
2	2,35384	0,002625	16	2,066286	0,002558	30	2,4716	0,001185	44	2,155341	0,001001
3	2,37551	0,002469	17	2,08869	0,002422	31	2,1799	0,002555	45	2,183783	0,001003
4	2,1054	0,005082	18	2,1148	0,002274	32	2,199252	0,002421	46	2,4509	0,002042
5	2,123611	0,004846	19	2,54793	0,00101	33	2,22109	0,002291	47	2,47605	0,001865
6	2,144072	0,004584	20	2,6164	0,001009	34	2,07934	0,003305	48	2,50405	0,001724
7	2,010594	0,006442	21	2,7466	0,001009	35	2,098044	0,003155	49	2,13059	0,004723
8	2,0284	0,006179	22	2,3119	0,001003	36	2,119153	0,002987	50	2,15691	0,004433
9	2,048392	0,005855	23	2,3766	0,001002	37	2,47937	0,001004	51	2,18624	0,004149
10	2,38588	0,001116	24	2,48305	0,001007	38	2,5116	0,00101	52	1,988883	0,00683
11	2,4105	0,001048	25	2,21479	0,001002	39	2,5486	0,001013	53	2,01554	0,006349
12	2,4392	0,001007	26	2,27762	0,001005	40	2,23144	0,001003	54	2,045274	0,005903
13	2,159292	0,002035	27	2,38105	0,001003	41	2,25648	0,001006			
14	2,18234	0,001915	28	2,42572	0,001315	42	2,28598	0,001003			

CUADRO 3

Índice de lluvia y condiciones de lluvia correspondientes

Índice de lluvia	ε	h_{rain}	Lat	$R_{0,01}$	h_{ES}	Índice de lluvia	ε	h_{rain}	Lat	$R_{0,01}$	h_{ES}
1	20	5 000	0	10	0	28	55	5 000	0	10	0
2	20	5 000	0	10	500	29	55	5 000	0	10	500
3	20	5 000	0	10	1 000	30	55	5 000	0	10	1 000
4	20	5 000	0	50	0	31	55	5 000	0	50	0
5	20	5 000	0	50	500	32	55	5 000	0	50	500
6	20	5 000	0	50	1 000	33	55	5 000	0	50	1 000
7	20	5 000	0	100	0	34	55	5 000	0	100	0
8	20	5 000	0	100	500	35	55	5 000	0	100	500
9	20	5 000	0	100	1 000	36	55	5 000	0	100	1 000
10	20	3 950	30	10	0	37	55	3 950	30	10	0
11	20	3 950	30	10	500	38	55	3 950	30	10	500
12	20	3 950	30	10	1 000	39	55	3 950	30	10	1 000
13	20	3 950	30	50	0	40	55	3 950	30	50	0
14	20	3 950	30	50	500	41	55	3 950	30	50	500
15	20	3 950	30	50	1 000	42	55	3 950	30	50	1 000
16	20	3 950	30	100	0	43	55	3 950	30	100	0
17	20	3 950	30	100	500	44	55	3 950	30	100	500
18	20	3 950	30	100	1 000	45	55	3 950	30	100	1 000
19	20	1 650	61,8	10	0	46	90	5 000	0	10	0
20	20	1 650	61,8	10	500	47	90	5 000	0	10	500
21	20	1 650	61,8	10	1 000	48	90	5 000	0	10	1 000
22	20	1 650	61,8	50	0	49	90	5 000	0	50	0
23	20	1 650	61,8	50	500	50	90	5 000	0	50	500
24	20	1 650	61,8	50	1 000	51	90	5 000	0	50	1 000
25	20	1 650	61,8	100	0	52	90	5 000	0	100	0
26	20	1 650	61,8	100	500	53	90	5 000	0	100	500
27	20	1 650	61,8	100	1 000	54	90	5 000	0	100	1 000

**Lista de las disposiciones reglamentarias, números y Resoluciones inclusive,
que incorporan por referencia Recomendaciones UIT-R**

Recomendación UIT-R	Título de la Recomendación	Disposiciones y notas del RR con Recomendaciones UIT-R contenidas en el Volumen 4 del RR
TF.460-6	Emisiones de frecuencias patrón y señales horarias	Número 1.14 (a través de la Resolución 655 (Rev.CMR-23))
M.489-2	Características técnicas de los equipos de radiotelefonía en ondas métricas utilizados en el servicio móvil marítimo con una separación de 25 kHz entre canales adyacentes	Números 51.77, 52.231 , Apéndice 18 (Notas generales, e)
M.492-6	Procedimientos de explotación para la utilización de equipos telegráficos de impresión directa en el servicio móvil marítimo	Número 56.2
P.525-4	Cálculo de la atenuación en el espacio libre	Número 5.444B (a través de la Resolución 748 (Rev.CMR-19))
P.526-15	Propagación por difracción	Número 5.444B (a través de la Resolución 748 (Rev.CMR-19))
M.541-11	Procedimientos de explotación para la utilización de equipos de llamada selectiva digital en el servicio móvil marítimo	Números 51.35, 52.112, 52.149, 52.153, 54.2
M.585-9 (Anexo 1)	Asignación y uso de identidades del servicio móvil marítimo	Números 19.99, 19.102, 19.111
M.633-5	Características de transmisión de un sistema de radiobalizas de localización de siniestros por satélite (RLS por satélite) que utiliza un sistema de satélites en la banda de 406,0-406,1 MHz	Número 34.1
S.672-4	Diagramas de radiación de antenas de satélite para utilizar como objetivo de diseño en el servicio fijo por satélite que emplea satélites geoestacionarios	CUADRO 22-2 (y número 22.5D.3), CUADRO 22-3 (y número 22.5F.3)
M.690-3	Características técnicas de las radiobalizas de localización de siniestros (RLS) que funcionan con frecuencias portadoras de 121,5 MHz y 243 MHz	Apéndice 15 (Cuadro 15-2)
RA.769-2 (secciones relacionadas con la aplicación de los números 5.372, 5.511G, 5.531C, 5.531E y 5.510A)	Criterios de protección para las mediciones radioastronómicas	Números 5.372, 5.511G, 5.511H, 5.531C, 5.531E y número 5.510A (a través de la Resolución 678 (CMR-23))
P.838-3	Modelo de la atenuación específica debida a la lluvia para los métodos de predicción	Apéndice 30A (Anexo 3 § 2.2 Paso 6)
M.1084-5	Soluciones provisionales para la utilización más eficaz de la banda 156-174 MHz por las estaciones del servicio móvil marítimo	Apéndice 18 (NOTA B) (anterior al cuadro)
SM.1138-3	Determinación de las anchuras de banda necesarias, con inclusión de ejemplos de cálculo de las mismas y ejemplos conexos de denominación de emisiones	Apéndice 1 (§ 1 y § 2)
SA.1154-0	Disposiciones para proteger los servicios de investigación espacial (IE), operaciones espaciales	Número 5.391

Recomendación UIT-R	Título de la Recomendación	Disposiciones y notas del RR con Recomendaciones UIT-R contenidas en el Volumen 4 del RR
	(OE) y exploración de la Tierra por satélite (ETS) y facilitar la compartición con el servicio móvil en las bandas 2 025-2 110 MHz y 2 200-2 290 MHz	
M.1171-1	Procedimientos de radiotelefonía para llamadas de rutina en el servicio móvil marítimo	Números 52.192, 52.195, 52.213, 52.224, 52.234, 52.240, 57.1
M.1172-0	Abreviaturas y señales diversas que habrán de utilizarse para las radiocomunicaciones en el servicio móvil marítimo	Número 19.48
M.1173-1	Características técnicas de los transmisores de banda lateral única utilizados para la radiotelefonía en el servicio móvil marítimo, en las bandas comprendidas entre 1 606,5 kHz (1 605 kHz en la Región 2) y 4 000 kHz y entre 4 000 kHz y 27 500 kHz	Números 52.181, 52.229 , Apéndice 17 (Parte B, Sección I § 2 y § 6)
M.1174-4	Características técnicas de los equipos utilizados para las comunicaciones a bordo de barcos en las bandas de frecuencias comprendidas entre 450 y 470 MHz	Números 5.287, 5.288
M.1187-1	Método de cálculo de la región potencialmente afectada para una red del servicio móvil por satélite que funcione en la gama de 1-3 GHz y utilice órbitas circulares	Apéndice 4 (Anexo 2, punto C.11.b)
S.1256-0	Metodología para determinar la densidad de flujo de potencia total máxima en la órbita de los satélites geoestacionarios en la banda 6 700-7 075 MHz producida por enlaces de conexión de sistemas de satélites no geoestacionarios del servicio móvil por satélite en el sentido de transmisión espacio-Tierra	Número 22.5A
RS.1260-2	Posibilidad de compartición entre sensores activos a bordo de vehículos espaciales y otros servicios en la gama 420-470 MHz	Número 5.279A
BO.1293-2	Límites de protección y métodos de cálculo correspondientes para la interferencia causada a los sistemas de radiodifusión por satélite en los que intervienen emisiones digitales	Apéndice 30A (Anexo 3 § 3.3), Apéndice 30 (Anexo 5 § 3.4)
S.1340-0	Compartición entre los enlaces de conexión del servicio móvil por satélite y el servicio de radionavegación aeronáutica en el sentido Tierra-espacio en la banda 15,4-15,7 GHz	Número 5.511C
S.1428-1	Diagramas de radiación de referencia de estación terrena del SFS para su utilización en la evaluación de interferencias relativas a satélites no OSG en las bandas de frecuencias entre 10,7 GHz y 30 GHz	CUADRO 22-1A , CUADRO 22-1B , CUADRO 22-1C (y número 22.5C.6)
BO.1443-3	Diagramas de antena de referencia de estación terrena para utilizar en la evaluación de la interferencia entre satélites no OSG en las bandas de frecuencias incluidas en el Apéndice 30 del RR	CUADRO 22-1D (y números 22.5C.11 y 22.5C.13)

Recomendación UIT-R	Título de la Recomendación	Disposiciones y notas del RR con Recomendaciones UIT-R contenidas en el Volumen 4 del RR
RA.1513-2	Niveles de las pérdidas de datos en las observaciones de radioastronomía y criterios sobre el porcentaje de tiempo como resultado de la degradación causada por la interferencia en las bandas de frecuencias atribuidas a título primario al servicio de radioastronomía	Números 5.372, 5.511G, 5.511H, 5.531C, 5.531E y número 5.510A (a través de la Resolución 678 (CMR-23))
M.1583-1	Cálculo de la interferencia entre los sistemas no geoestacionarios del servicio móvil por satélite o del servicio de radionavegación por satélite y los emplazamientos de los telescopios de radioastronomía	Número 5.372 , número 5.443B (a través de la Resolución 741 (Rev.CMR-15)), Apéndice 4 Anexo 2 (punto A.17.b.3) (a través de la Resolución 741 (Rev.CMR-15))
S.1586-1	Cálculo de los niveles de emisión no deseada producidos por un sistema del servicio fijo por satélite no geoestacionario en localizaciones de radioastronomía	Número 5.551H
F.1613-0	Requisitos de operación y de instalación para sistemas de acceso inalámbrico fijo del servicio fijo en la Región 3 para asegurar la protección de sistemas del servicio de exploración de la Tierra por satélite (activo) y del servicio de investigación espacial (activo) en la banda 5 250-5 350 MHz	Número 5.447E
RA.1631-0	Diagrama de antena de referencia de radioastronomía para uso en el análisis de compatibilidad entre sistemas no OSG y estaciones del servicio de radioastronomía basado en el concepto de dfpe	Número 5.208B (a través de la Resolución 739 (Rev.CMR-19)), número 5.372 , número 5.443B (a través de la Resolución 741 (Rev.CMR-15)), número 5.551H , Apéndice 4 Anexo 2 (punto A.17.b.3) (a través de la Resolución 741 (Rev.CMR-15))
M.1642-2	Metodología para evaluar el valor máximo de la densidad de flujo de potencia equivalente combinada de una estación del servicio de radionavegación aeronáutica procedente de todos los sistemas del servicio de radionavegación por satélite que funcionan en la banda 1 164-1 215 MHz	Números 5.328A (a través de la Resolución 609 (Rev.CMR-07))
M.1643-0	Requisitos técnicos y operacionales de las estaciones terrenas de aeronave del servicio móvil aeronáutico por satélite incluidas las que utilizan transpondedores de redes del servicio fijo por satélite en la banda de frecuencias 14-14,5 GHz (Tierra-espacio)	Número 5.504B (hace referencia al Anexo 1, Parte C de la Recomendación UIT-R M.1643-0), números 5.504C, 5.508A y 5.509A (hacen referencia al Anexo 1, Parte B de la Recomendación UIT-R M.1643-0)
M.1652-1 (Anexo 1 y Anexo 5)	Selección dinámica de frecuencias en sistemas de acceso inalámbrico, incluidas las redes radioeléctricas de área local, para proteger el servicio de radiodeterminación en la banda de 5 GHz	Números 5.446A, 5.447F, 5.450A (a través de la Resolución 229 (Rev.CMR-23))

Recomendación UIT-R	Título de la Recomendación	Disposiciones y notas del RR con Recomendaciones UIT-R contenidas en el Volumen 4 del RR
M.1827-1	Guía sobre requisitos técnicos y operacionales de las estaciones del servicio móvil aeronáutico (R) limitado a las aplicaciones de superficie en aeropuertos en la banda de frecuencias 5 091-5 150 GHz	Número 5.444B (a través de la Resolución 748 (Rev.CMR-19))
M.2013-0	Características técnicas y criterios de protección para sistemas de radionavegación aeronáutica no pertenecientes a la OACI que funcionan en torno a 1 GHz;	Número 5.327A (a través de la Resolución 417 (Rev.CMR-15))
RS.2065-0	Protección de enlaces espacio-Tierra del servicio de investigación espacial (SIE) en las bandas 8 400-8 450 MHz y 8 450 8 500 MHz contra emisiones no deseadas de radares de apertura sintética que funcionan en el servicio de exploración de la Tierra por satélite (activo) alrededor de 9 600 MHz	Número 5.474C
RS.2066-0	Protección del servicio de radioastronomía en la banda de frecuencias 10,6-10,7 GHz contra emisiones no deseadas de radares de apertura sintética que funcionan en el servicio de exploración de la Tierra por satélite (activo) alrededor de 9 600 MHz	Número 5.474B
S.2157-0	Procedimientos para la evaluación de la interferencia causada por un sistema de satélites no geoestacionarios a un conjunto global de los enlaces genéricos de referencia de satélites geoestacionarios en las bandas de frecuencias 37,5-39,5 GHz (espacio-Tierra), 39,5-42,5 GHz (espacio-Tierra), 47,2-50,2 GHz (Tierra-espacio) y 50,4-51,4 GHz (Tierra-espacio)	Número 5.550C , número 22.5L.1 (a través de la Resolución 770 (Rev.CMR-23))

ISBN 978-92-61-38983-3

SAP id

4 5 6 3 4



9 789261 389833

Publicado en Suiza
Ginebra, 2024