

RECOMENDACIÓN UIT-R S.1340*,**

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°
 $0,35^\circ$ 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: $\pm 1,5^\circ$
- Máxima gama de exploración horizontal: 360° .

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: $\pm 35^\circ$.

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 μs .

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.

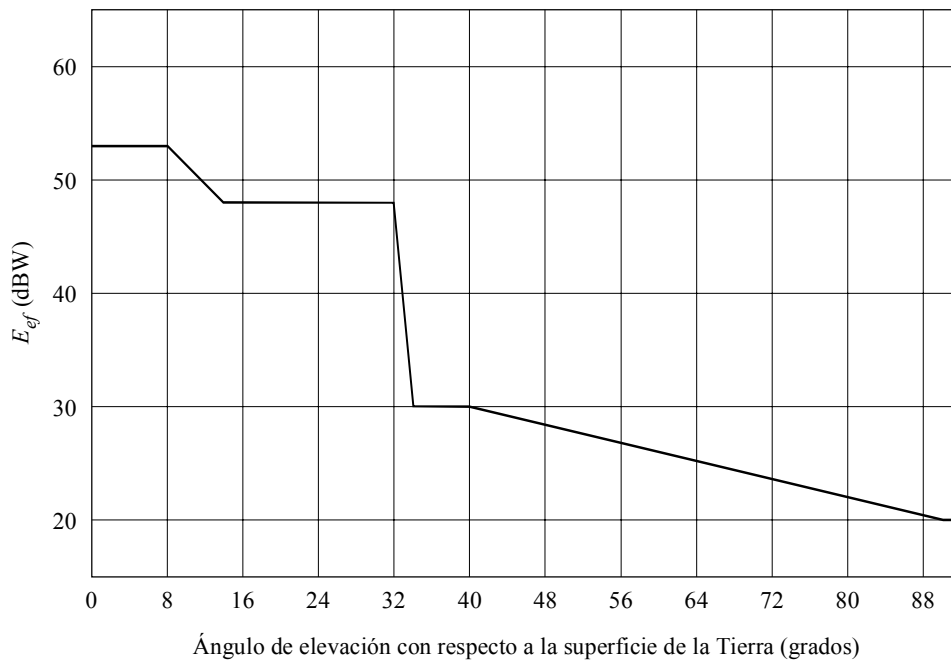
3.2.1 Límites de E_{ef} en los ALS

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

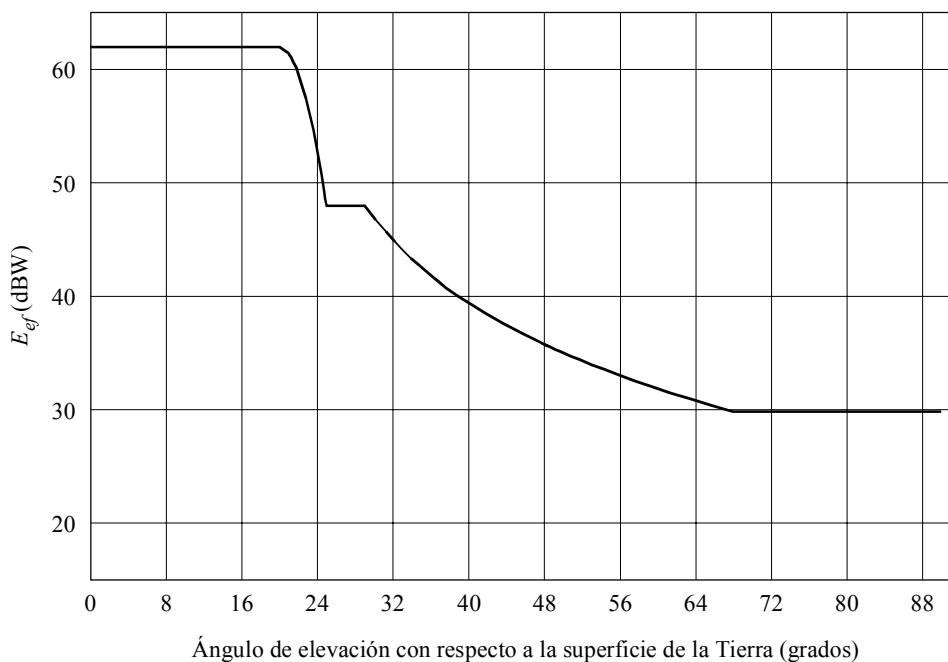
Para anchura de banda de portadora de los enlaces de conexión superiores a 1 MHz:

$$E_{ef} = \begin{cases} 62 & \text{dBW} & \text{para } 0 \leq \varphi < 20 \\ 62 - 0,56 (\varphi - 20)^2 & \text{dBW} & \text{para } 20 \leq \varphi < 25 \\ 48 & \text{dBW} & \text{para } 25 \leq \varphi < 29 \\ 71,86 - 25 \log (\varphi - 20) & \text{dBW} & \text{para } 29 \leq \varphi < 68 \\ 29,8 & \text{dBW} & \text{para } 68 \leq \varphi \leq 90 \end{cases}$$

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_{fst} (km)	372	518	172,7
D_{as} (km)	100	0	40
L_{fst} (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

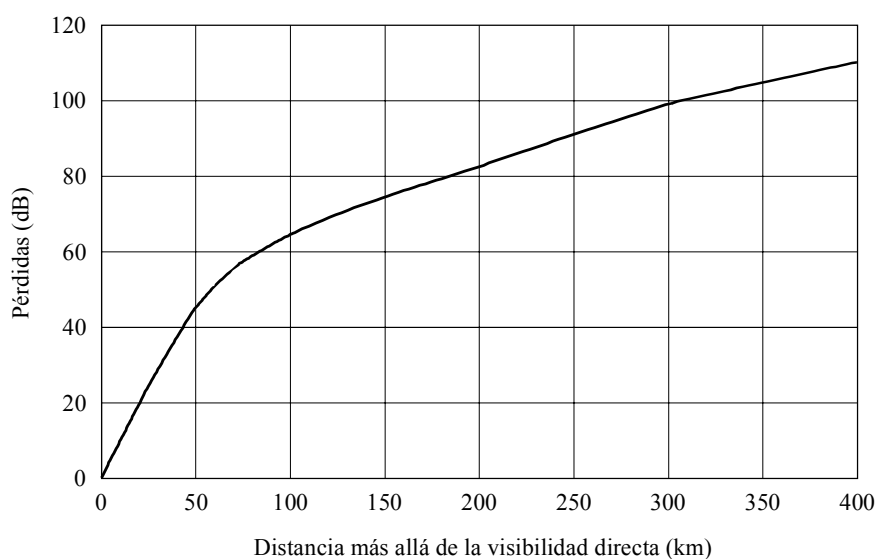
Reduciendo el límite máximo de densidad de p.i.r.e. hacia el horizonte de la estación terrena de enlace de conexión disminuye la distancia de coordinación. Utilizando la función de la Fig. 3, pueden determinarse las distancias de coordinación en función de E_{esd} , que figuran en el Cuadro 3:

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 utilizándose.
-