

RECOMENDACIÓN UIT-R SA.1624*

Compartición entre el servicio de exploración de la Tierra por satélite (pasivo) y los radioaltímetros instalados a bordo de aeronaves del servicio de radionavegación aeronáutica en la banda 4 200-4 400 MHz

(Cuestión UIT-R 229/7)

(2003)

La Asamblea de Radiocomunicaciones de la UIT,

considerando

- a) que en la disposición número 5.438 del Reglamento de Radiocomunicaciones (RR) la banda 4 200-4 400 MHz está atribuida al servicio de exploración de la Tierra por satélite (pasivo) a título secundario;
- b) que esta banda está atribuida a título primario al servicio de radionavegación aeronáutica (SRNA) para altímetros instalados a bordo de aeronaves y que este uso continuará expandiéndose en el futuro a medida que aumente el número de aeronaves;
- c) que el calentamiento del planeta está considerado un problema medioambiental grave, y requiere la supervisión y exploración continua de las temperaturas de la superficie del mar (SST, *sea surface temperatures*) en todo el mundo y en todo tipo de condiciones meteorológicas;
- d) que la previsión meteorológica estacional y la previsión meteorológica numérica de posibles fenómenos meteorológicos peligrosos, por ejemplo tifones y demás tormentas fuertes, requiere mediciones continuas de las SST en todo tipo de condiciones meteorológicas;
- e) que la gama de frecuencias de 4-7 GHz es la única que se puede utilizar para supervisar mundialmente las SST en todo tipo de condiciones meteorológicas, utilizando para ello radiómetros de microondas pasivos situados a bordo de satélites de exploración de la Tierra;
- f) que la banda 6-7 GHz recibe emisiones del servicio fijo y del SFS y que la banda 4-5 GHz sigue ofreciendo perspectivas favorables para supervisar las SST en todo tipo de condiciones meteorológicas;
- g) que los criterios de interferencia para los sensores pasivos del servicio de exploración de la Tierra por satélite (SETS) figuran en la Recomendación UIT-R SA.1029;
- h) que algunos estudios han demostrado que la probabilidad de que el SRNA cause interferencia a los sensores pasivos del SETS es muy baja, y que esto depende del número de radioaltímetros a la vista, pero que se puede admitir hasta un 5% de pérdida aleatoria de datos sin poner a riesgo las mediciones globales del SETS (pasivo),

reconociendo

- a) que el SRNA utiliza esta banda con fines de seguridad de la vida y que no debe restringirse la utilización y desarrollo de la misma por dicho servicio,

* Esta Recomendación debe señalarse a la atención de la Comisión de Estudio 8 de Radiocomunicaciones (Grupo de Trabajo 8B).

recomienda

1 que se comparta la banda 4 200-4 400 MHz entre los sensores pasivos del SETS, que se utiliza para la supervisión de las SST, y los radioaltímetros situados a bordo de aeronaves del SRNA, sin aplicar limitaciones a los radioaltímetros basándose en las características y en los estudios de compartición presentados en el Anexo 1, habida cuenta del *considerando h)* y el *reconociendo a)*;

2 que los sensores pasivos diseñados para funcionar en esta banda utilicen antenas con un mínimo ángulo de orientación de 35° con respecto al nadir, para reducir la posible interferencia causada por los altímetros situados a bordo de aeronaves.

Anexo 1

Posibilidad de compartición de frecuencias en torno a 4 300 MHz entre los radioaltímetros y los sensores del SETS (pasivo) espaciales

1 Introducción

El calentamiento del planeta es uno de los problemas medioambientales más graves de la Tierra. El parámetro SST es un indicador útil del calentamiento del planeta. Es muy importante poder supervisar continuamente la SST para explicar y comprender mejor el mecanismo de calentamiento del planeta. Sólo los radiómetros de microondas pasivos situados en vehículos espaciales en órbita sobre satélites de exploración de la Tierra pueden supervisar de manera continua la SST en toda la Tierra.

Para observar la SST, es importante desde el punto de vista científico la banda 4 200-4 400 MHz. Como esta banda está atribuida al SETS en la disposición número 5.438 del RR para la teledetección pasiva, sería conveniente elevar la atribución a título primario en el Cuadro de atribución de bandas de frecuencias a fin de proteger las observaciones que será necesario realizar en un futuro en esta banda.

Los radioaltímetros a bordo de aeronaves que funcionan en la banda 4 200-4 400 MHz forman parte de la instrumentación de aviación. Estos instrumentos se utilizan corrientemente para determinar la altitud de la aeronave en vuelo y se ha de proteger de cualquier posible interferencia porque está en juego la seguridad de la vida. Es evidente que los sensores pasivos no pueden causar interferencia a los radioaltímetros puesto que no emiten energía de radiofrecuencia alguna en la banda. La posible interferencia que puedan causar los radioaltímetros a los sensores pasivos todavía está por determinar.

En este Anexo se describe la posibilidad de compartición de la banda 4 200-4 400 MHz entre el servicio existente con atribuciones a título primario y los radioaltímetros del SRNA.

2 Atribución de la banda 4 200-4 400 MHz

Actualmente, la banda 4 200-4 400 MHz está atribuida al SRNA a título primario en todo el mundo. En la disposición número 5.438 del RR se indica específicamente que esta banda está reservada exclusivamente para los radioaltímetros instalados a bordo de aeronaves y los correspondientes transpondedores en tierra. En esta disposición se indica además que esta banda la puede utilizar el SETS (pasivo) a título secundario y sin protección con respecto a los radioaltímetros.

En otras disposiciones se autoriza a ciertos países a utilizar la totalidad o una parte de esta banda en el servicio fijo a título secundario, y en el servicio de frecuencias patrón y de señales horarias por satélite.

3 Características del sistema utilizado en el análisis

Las siguientes características de un sensor pasivo representativo que funciona en la banda 4 200-4 400 MHz se basan en el desarrollo de un radiómetro mecánico de exploración de potencia total que se utilizará para medir las características en tierra, en el océano y atmosféricas.

Las características mostradas en el Cuadro 1 corresponden a un típico radiómetro de exploración por microondas de la última generación.

CUADRO 1

Características de un radiómetro de microondas

Parámetro	Valor
Banda de frecuencias (MHz)	4 200-4 400
Anchura de banda del sensor (MHz)	200
Órbita	Órbita polar circular, altitud de 800 km
Tipo de antena	Exploración cónica, apunta al nadir
Ángulo de incidencia (grados)	55 con respecto al nadir
Ángulo de exploración (grados)	± 60
Tamaño de la antena (m)	1,6
Anchura del haz de la antena (grados)	2,9
Ganancia del haz principal (dBi)	35
Ganancia del lóbulo lateral (dBi)	-15
Interferencia admisible (dB(W/200 MHz))	-158 (Recomendación UIT-R SA.1029)

Las características del sistema de radioaltímetros que se utiliza en el análisis se han tomado de diversos documentos presentados al UIT-R sobre este tema.

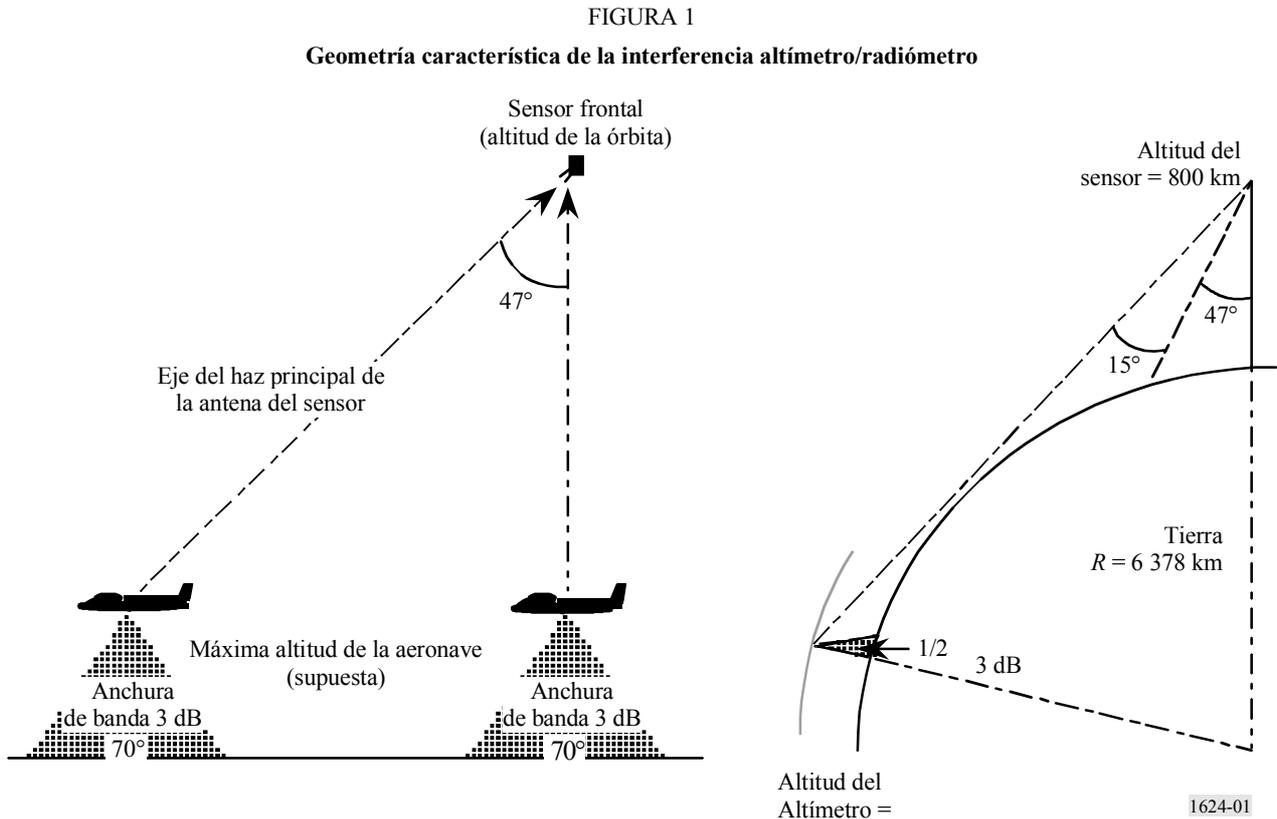
CUADRO 2

Características de los altímetros del SRNA

Parámetro	Valor
Frecuencia (MHz)	4 200-4 400
Potencia del transmisor (CW) (dBW)	-2
Potencia del transmisor (impulso) (dBW)	-1
Potencia del transmisor (W)	200
Frecuencia de repetición de impulsos (kHz)	18
Anchura del impulso (ns)	200
Tipo de antena	Antena de placa
Ganancia de la antena (dBi)	10
Anchura del haz de la antena (grados)	70
Nivel del lóbulo lateral posterior de la antena (dBi)	-30 (sin plataforma)
Efecto de apantallamiento (dB)	> -5

4 Análisis de interferencia

En la Fig. 1 se ilustra la geometría característica de la interferencia entre un altímetro y un radiómetro. Teniendo en cuenta que la antena del altímetro apunta al nadir y que la antena del radiómetro es frontal (47° con respecto al nadir), la interferencia sobre el haz principal de la antena del radiómetro sólo puede producirse por las emisiones del lóbulo posterior de la antena del altímetro y por reflexiones difusas (dispersión).



En el Cuadro 3 se muestra la interferencia causada por las emisiones del lóbulo posterior de un solo altímetro en un sensor pasivo (radiómetro). Para describir la interferencia en el haz principal de la antena del sensor se supuso que la aeronave con un radiómetro activo atraviesa perpendicularmente el trayecto del sensor en órbita, lo cual corresponde con la geometría del caso más desfavorable y, por tanto, a la distancia más corta para el cálculo de la interferencia.

En cuanto a la potencia de interferencia recibida debido a las reflexiones, los cálculos demuestran que los altímetros habrían de tener una altitud igual o inferior a 50 m para que esas reflexiones tuvieran un efecto sobre la potencia de interferencia recibida en el haz principal de un radiómetro, como se muestra en el Cuadro 3. Aunque los altímetros están siempre transmitiendo cuando la aeronave está en funcionamiento y se utilizan durante el despegue y/o el aterrizaje, la energía de la interferencia reflejada tendría una duración despreciable y no tendría efecto sobre el sensor.

En el Cuadro 3 puede verse que un solo altímetro situado en el haz principal de un radiómetro que utiliza un ángulo de orientación de 35° con respecto al nadir proporciona un margen de 8 dB. Esto significa que para que los radiómetros experimenten una interferencia perceptible tendría que haber como mínimo seis de esos altímetros situados en el haz principal del radiómetro. De igual manera, un solo altímetro situado en el haz principal de un radiómetro que utiliza un ángulo de orientación de 55° con respecto al nadir proporciona un margen de 12 dB, lo que significa que para que los radiómetros experimenten una interferencia perceptible tendría que haber como mínimo 16 de esos altímetros situados en el haz principal del radiómetro.

CUADRO 3

Interferencia causada por un solo altímetro en un radiómetro en la banda 4,2-4,4 GHz

Parámetro	Sensor frontal		
Altitud del radiómetro (km)	800		
Posición del altímetro con respecto al sensor	Nadir	Haz principal	Haz principal
Ángulo de la orientación de la antena del sensor con respecto al nadir (grados)	Cualquiera	35	55
Potencia de transmisión del altímetro (dBW)	-1,0		
Ganancia de la antena del altímetro (dBi)	-30 (lóbulo posterior)		
Efecto de apantallamiento de la aeronave (dB)	-5 (mínimo)		
Alcance (km)	800	1 009	1 646
Pérdida en el espacio libre (dB)	-163	-165	-169
Ganancia de la antena del radiómetro (dBi)	-15	35	35
Potencia de interferencia recibida (dBW)	-214	-166	-170
Nivel de interferencia admisible (dB(W/200 MHz))	-158		
Margen (dB)	56	8	12

Cabe señalar que las aeronaves más pequeñas utilizan un solo altímetro mientras que las más grandes pueden llegar a utilizar hasta tres altímetros. Como estos múltiples altímetros no están sincronizados, es posible que sus impulsos coincidan, lo que daría lugar a niveles de potencia más altos provocados por una sola aeronave. Por el contrario, las aeronaves más grandes tienen un área mayor y, por lo tanto, proporcionan mayor atenuación por apantallamiento que las aeronaves más pequeñas. Por consiguiente, la interferencia adicional causada por múltiples altímetros en las aeronaves más grandes es probablemente despreciable.

Las superficies y los corredores aéreos que se utilizan frecuentemente en los aeropuertos y sus alrededores, son regiones donde hay una alta probabilidad de que haya múltiples aeronaves en el haz principal del radiómetro. El radiómetro frontal que se utiliza en este análisis con una anchura de haz de 1,8° proporciona una proyección de forma ovalada con dimensiones del orden de 16 millas de ancho por 24 millas de largo.

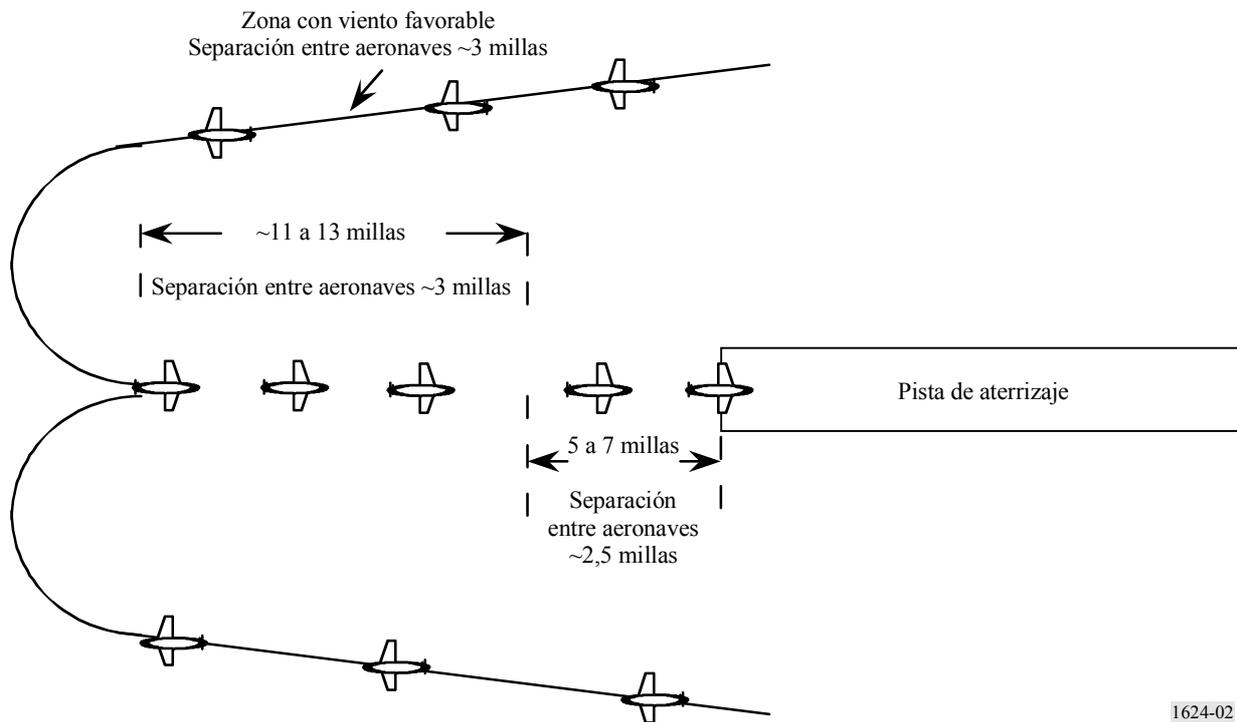
Durante el vuelo, la separación horizontal de la aeronave representativa es del orden de 5 millas; en la Fig. 2 se muestra la distancia de separación cuando se aproxima al aterrizaje. La separación vertical es del orden de 2 000 pies, en vuelo, y mucho menor cuando se aproxima a los aeropuertos. En función del terreno, las aeronaves vuelan a altitudes que van desde 2 000 pies hasta unos 36 000 pies.

Muchos aeropuertos utilizan dos o más pistas de aterrizaje simultáneamente y pueden tener, por término medio, hasta seis aeronaves haciendo cola en la zona de aproximación y cuatro aeronaves en la zona con viento favorable por cada pista de aterrizaje. Además, en algunas zonas de gran densidad de utilización del espacio aéreo puede haber más de un aeropuerto en la huella del sensor pasivo.

Hay momentos durante el día en los que aumenta el tráfico aéreo en los aeropuertos; la curva del tráfico aéreo tiene máximos y mínimos. Las horas de funcionamiento son casi 24, y el número de vuelos de aeronaves de carga aumenta a últimas horas del día y por la mañana temprano. Teniendo en cuenta todos estos datos, es probable que haya hasta seis radioaltímetros funcionando simultáneamente en el haz principal del sensor en las inmediaciones de la mayoría de los aeropuertos.

FIGURA 2

Distancias de separación características durante el aterrizaje



1624-02

Los sensores pasivos que utilizan esta banda lo hacen para observar el parámetro SST en los océanos. La superficie de los océanos es aproximadamente de $3,35 \times 10^8 \text{ km}^2$. En el mundo hay 377412 km de líneas costeras. Si se descartan el Océano Ártico y el Océano Antártico que no tienen aeropuertos, las líneas costeras para aeropuertos quedan reducidas a 265497 km. Aun cuando cada kilómetro de línea costera contenga un aeropuerto que cause interferencia al sensor pasivo, todavía quedaría un 0,08% de la zona de servicio del sensor. Es decir, aun cuando cada uno de todos los aeropuertos del mundo situados en la costa causasen interferencia al sensor pasivo, no se incumplirían los criterios de disponibilidad de datos del sensor para la banda 4 200-4 400 MHz.

5 Conclusión

Teniendo en cuenta que la antena del altímetro apunta al nadir y que la antena del radiómetro es frontal (normalmente forma un ángulo igual o mayor de 35° con respecto al nadir) la interferencia en el haz principal de la antena del radiómetro sólo puede producirse por las emisiones del lóbulo posterior de la antena del altímetro y por reflexiones difusas (dispersión). Los análisis demuestran que en el caso más desfavorable tendría que haber seis o más aeronaves en el haz principal del radiómetro para superar el umbral de interferencia admisible del sensor. Los aeropuertos y los corredores aéreos son las únicas regiones en las que hay alguna posibilidad de que se produzcan interferencias si se realizan mediciones con los sensores en esas regiones, y la probabilidad de que haya un número de radioaltímetros funcionando simultáneamente en el haz principal del sensor en un corredor aéreo para provocar una interferencia perceptible es extremadamente baja. En cuanto a la potencia de interferencia recibida debido a las reflexiones, los cálculos demuestran que sería necesario que los altímetros tuvieran una altitud igual o inferior a 50 m para que estas reflexiones pudieran aceptar la potencia de interferencia recibida en el haz principal de un radiómetro. Aunque los altímetros se utilizan durante el despegue y/o el aterrizaje, la energía de interferencia reflejada sería de duración

despreciable y no afectaría al sensor. Por consiguiente, los sensores pasivos que funcionan en la banda 4 200-4 400 MHz pueden evitar recibir la mayor parte de la interferencia de los radioaltímetros con sólo utilizar antenas orientadas con un ángulo igual o mayor a 35° con respecto al nadir.

Es posible que se supere el nivel de interferencia admisible de los sensores pasivos en las proximidades de los aeropuertos situados en regiones costeras del océano de todo el mundo. Sin embargo, cuando se consideran las dimensiones de los océanos que se están midiendo mediante sensores, el volumen total de interferencia causada al sensor sería inferior que los criterios de disponibilidad del sensor, aun cuando hubiera un aeropuerto activo en cada kilómetro de zona costera del océano poblada. Con estos datos se puede concluir que los sensores pasivos pueden compartir la banda 4 200-4 400 MHz con los radioaltímetros que funcionan en el SRNA sin que sea necesario proteger a los altímetros contra la interferencia.
