

RECOMENDACIÓN UIT-R M.1828

Requisitos técnicos y operacionales de las estaciones de aeronave del servicio móvil aeronáutico limitadas a las transmisiones de teledifusión para pruebas en vuelo en bandas en torno a 5 GHz

(2007)

Cometido

Esta Recomendación proporciona los requisitos técnicos y de funcionamiento para las estaciones de aeronave del servicio móvil aeronáutico limitadas a las transmisiones de teledifusión para pruebas en vuelo que deben utilizar las administraciones como orientación técnica para establecer los requisitos de conformidad a fin de que las estaciones de aeronave puedan utilizarse en todo el mundo.

La Asamblea de Radiocomunicaciones de la UIT

considerando

- a) que se han diseñado varios sistemas del servicio móvil aeronáutico (SMA) diferentes desde el punto de vista técnico y de funcionamiento limitados a transmisiones de teledifusión para redes de pruebas en vuelo y empezarán a funcionar en un próximo futuro;
- b) que el funcionamiento de las estaciones de aeronave normalmente está sujeto a un cierto número de reglas de carácter nacional e internacional, incluido el cumplimiento satisfactorio de los requisitos mutuamente acordados de normas técnicas y de funcionamiento;
- c) que es necesario identificar los requisitos técnicos y operacionales para las pruebas de conformidad de las estaciones de aeronave;
- d) que la identificación de los requisitos técnicos y operacionales para las estaciones de aeronave proporcionaría una base técnica común que facilitaría las pruebas de conformidad de las estaciones de aeronave por las diversas autoridades nacionales e internacionales y la elaboración de acuerdos de reconocimiento mutuo sobre conformidad de las estaciones de aeronave;
- e) que en los requisitos técnicos y operacionales debe lograrse un equilibrio aceptable entre la complejidad de los equipos radioeléctricos y la necesidad de una utilización eficaz del espectro de radiofrecuencias,

considerando además

- a) que en la banda de frecuencias 5 150-5 250 MHz existen atribuciones a los servicios de radionavegación aeronáutica, fijo por satélite (Tierra-espacio) y móvil a título primario;
- b) que es necesario proteger completamente todos los servicios primarios en la banda 5 030-5 250 MHz;

- c) que la CMR-03 adoptó la Resolución 229 que regula la utilización de la banda 5 150-5 250 MHz por el servicio móvil para la implantación de sistemas de acceso inalámbrico (WAS) incluidas las redes radioeléctricas de área local (RLAN);
- d) que la identificación por el UIT-R de los requisitos técnicos y operacionales para las estaciones de aeronave que funcionan en la banda 5 030-5 250 MHz debe evitar la aparición de interferencia inaceptable causada a otros servicios;
- e) que las características técnicas y operacionales deben ser mensurables y controlables de forma continua y precisa;
- f) que la banda 5 030-5 150 MHz está atribuida al servicio de radionavegación aeronáutica a título primario;
- g) que el sistema de aterrizaje por microondas (MLS) puede protegerse estableciendo la adecuada distancia de separación entre el transmisor radiante del servicio móvil aeronáutico (SMA) que soporte la teledirigida y los receptores del MLS;
- h) que el UIT-R está elaborando material didáctico sobre la aplicación de la metodología descrita en la Recomendación UIT-R M.1829,

reconociendo

- a) que la banda 5 030-5 150 MHz va a ser utilizada para el funcionamiento del sistema internacional normalizado de aterrizaje por microondas para las maniobras de aproximación y aterrizaje de precisión. Las necesidades de este sistema tendrán prioridad sobre cualquiera otra utilización de esta banda de conformidad con el número 5.444 del Reglamento de Radiocomunicaciones,

recomienda

- 1 que para facilitar la compatibilidad con otros servicios, en el caso de las estaciones de aeronave del SMA limitadas a las transmisiones de teledirigida para las pruebas en vuelo que funcionan en la banda 5 GHz, las administraciones utilicen como directrices los requisitos técnicos y operacionales que aparecen en los Anexos 1 y 2;
- 2 que todas las estaciones de aeronave del SMA limitadas a las transmisiones de teledirigida para pruebas en vuelo y que transmitan simultáneamente dentro de una red SMA no utilicen superposición de espectro.

Anexo 1

Requisitos técnicos y operacionales de las estaciones de aeronave del SMA limitadas a transmisiones de sistemas de teledifusión para redes de pruebas en vuelo en bandas en torno a 5 GHz

Parte A

Requisitos fundamentales relativos a la protección de las redes del SFS en la banda 5 091-5 250 MHz

Una estación de aeronave del SMA en la banda 5 091-5 250 MHz debe diseñarse de tal forma que la densidad de flujo de potencia del transmisor de la estación de aeronave se limite a $-138 \text{ dB(W/(m}^2 \cdot 1,23 \text{ MHz))}$ en la órbita del satélite del SFS para vehículos espaciales que utilicen antenas receptoras con cobertura total de la Tierra.

El máximo nivel de interferencia combinada del $1\% \Delta T_s/T_s$ tolerable a la entrada del receptor es $I_{Com-Rec}$:

$$I_{Com-Rec} = KTB - 20 \text{ dB} = -160,3 \text{ dB(W/1,23 MHz)}$$

donde:

- K : constante de Boltzmann ($1,38 \cdot 10^{-23} \text{ J/K}$)
- T : temperatura de ruido del receptor, 550 K
- B : anchura de banda del receptor, 1,23 MHz.

Por lo tanto, a la entrada de la antena del receptor del satélite el máximo nivel de dfp producido por un transmisor de TMA es:

$$\begin{aligned} dfp_{Max} &= I_{Con-Rec} - G_r + L_{A\text{lim}} + L_P - 10 \log_{10}(21) + 10 \log\left(\frac{4\pi}{\lambda^2}\right) \\ &= -160,3 - 4 + 2,9 + 1 - 13,2 + 35,6 \\ &= -138 \text{ dBW/(m}^2 \times 1,23 \text{ MHz)} \end{aligned}$$

donde:

- G_r : ganancia de la antena del receptor del SFS
- 21: máximo número de estaciones de TMA que emiten simultáneamente en la anchura de banda del receptor del SFS.

NOTA 1 – El límite mencionado se refiere a la dfp que se obtendría en condiciones de propagación en espacio libre.

NOTA 2 – Puede obtenerse una máscara de p.i.r.e. a partir del mencionado valor de dfp aplicando el método que figura en la Parte A del Anexo 2. También podría considerarse la simplificación de la máscara de p.i.r.e. resultante.

NOTA 3 – El límite citado corresponde a $-198,9 \text{ dB(W/(m}^2 \cdot \text{Hz))}$.

NOTA 4 – El límite de dfp definido en este punto se basa en la necesidad de garantizar que el aumento en la temperatura de ruido del satélite del SFS (es decir, $\Delta T_{sat}/T_{sat}$) debido al funcionamiento de la TMA no rebase el 1%. La metodología supone 21 transmisores TMA cocanal funcionando simultáneamente en el campo de visión del satélite del SFS.

Parte B

Requisitos esenciales relativos a la protección del servicio móvil en la banda 5 150-5 250 MHz

Los requisitos esenciales que figuran a continuación representan únicamente una orientación técnica.

En la banda de frecuencias 5 150-5 250 MHz la máxima dfp producida en la superficie de la Tierra por emisiones de una estación de aeronave, de un sistema del SMA limitado a transmisiones de teledifusión para una red de pruebas en vuelo no debe rebasar el valor de $-79,4 \text{ dB(W/(m}^2 \cdot 20 \text{ MHz))} - G_r(\theta)$.

Las administraciones pueden decidir establecer distintos requisitos técnicos y operacionales del SMA para proteger el servicio móvil que sean más estrictos que los que aparecen en este punto. Si se emplean parámetros diferentes de los que se han supuesto al elaborar estas directrices puede que sean necesarios más estudios al respecto.

$G_r(\theta)$ representa el diagrama de antena del receptor del servicio móvil en función del ángulo de elevación θ y se define como sigue:

Ganancia de la antena según el ángulo de elevación del sistema de acceso inalámbrico

Ángulo de elevación, θ (grados)	Ganancia (dBi)
$45 < \theta \leq 90$	-4
$35 < \theta \leq 45$	-3
$0 < \theta \leq 35$	0
$-15 < \theta \leq 0$	-1
$-30 < \theta \leq -15$	-4
$-60 < \theta \leq -30$	-6
$-90 < \theta \leq -60$	-5

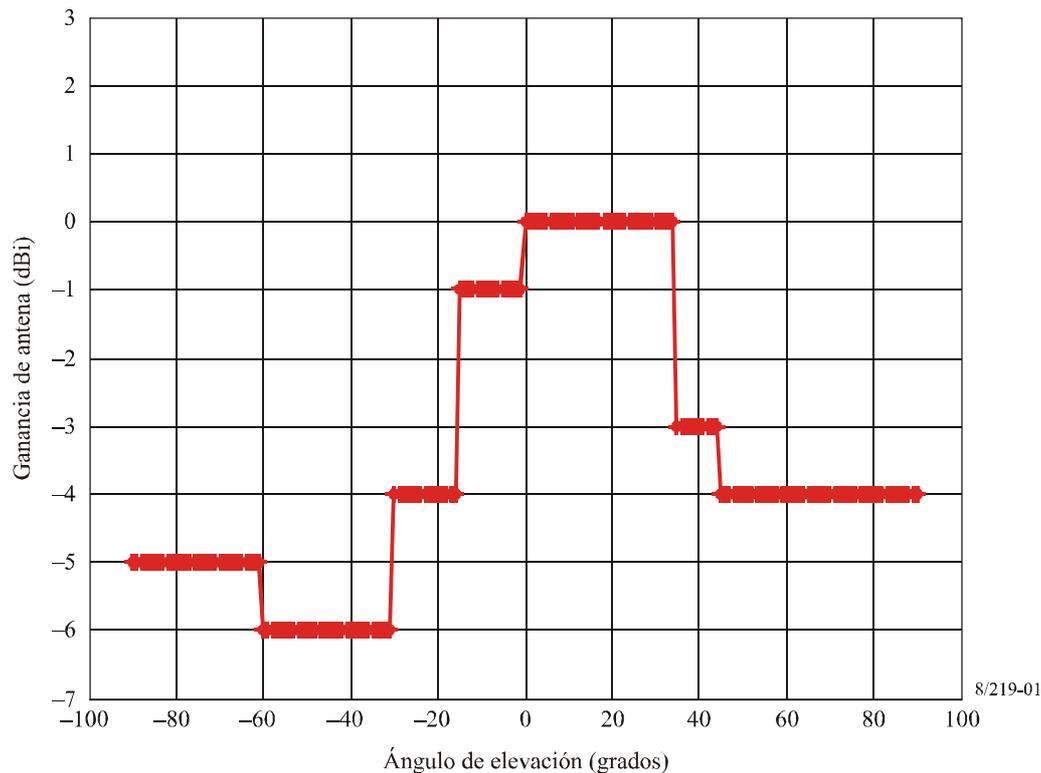
donde:

$G_r(\theta)$: ganancia relativa a una antena isótropa (dBi)

θ : valor absoluto del ángulo de elevación con respecto al ángulo de máxima ganancia (grados)

FIGURA 1

Diagrama de antena del receptor del servicio móvil



NOTA 5 – Los límites mencionados se refieren a la dfp y a los ángulos de llegada que se obtendrían en condiciones de propagación en espacio libre.

NOTA 6 – Puede obtenerse una máscara de p.i.r.e. a partir de la máscara de dfp citada aplicando el método que figura en la Parte B del Anexo 2. También podría considerarse una simplificación de la máscara de p.i.r.e. resultante.

Parte C

Requisitos esenciales relativos a la protección del servicio móvil aeronáutico (en ruta) (SMA(R)) en la banda 5 091-5 150 MHz

Las características del receptor del SMA(R) basadas en la norma IEEE 802.16e y en las Recomendaciones del UIT-R que se han tenido en cuenta en este estudio de compartición son las siguientes:

- Criterios de protección: I/N de -6 dB como indica la Recomendación UIT-R M.1739, lo que corresponde a una reducción del alcance del 5%.
- Factor de ruido del receptor: 10 dB
- Pérdidas de realización: 5 dB.
- Pérdidas por penetración en el edificio: 0 dB (utilización en exteriores)
- Anchura de banda del receptor: 20 MHz
- Diagrama de antena: El diagrama adoptado de ganancia de antena del receptor del SMA(R) en función del ángulo de elevación considerado en el análisis es el de la

Recomendación UIT-R F.1336-1 y aparece en la Fig. 2. Se supone un valor de la ganancia de cresta de 6 dBi.

En la banda de frecuencias 5 091-5 150 MHz la máxima dfp producida en la superficie de la Tierra por emisiones procedentes de estaciones de aeronave de un sistema del SMA limitado a transmisiones de teledifusión para redes de pruebas en vuelo no debe rebasar el valor de $-89,4 \text{ dB(W/(m}^2 \cdot 20 \text{ MHz))} - G_r(\theta)$.

$G_r(\theta)$ representa el diagrama de antena del receptor del servicio móvil en función del ángulo de elevación y se define como sigue:

$$G_r(\theta) = \max[G_1(\theta), G_2(\theta)]$$

$$G_1(\theta) = 6 - 12 \left(\frac{\theta}{27} \right)^2$$

$$G_2(\theta) = -6 + 10 \log \left[\left(\max \left\{ \frac{|\theta|}{27}, 1 \right\} \right)^{-1,5} + 0,7 \right]$$

donde:

$G(\theta)$: ganancia relativa a una antena isótropa (dBi)

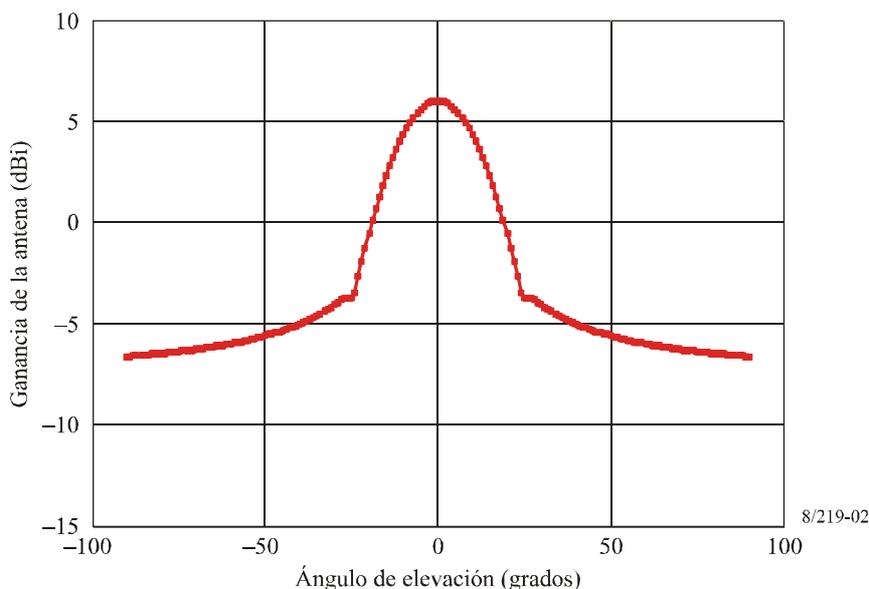
θ : valor absoluto del ángulo de elevación (grados)

Los valores de dfp y la máscara de PIRE resultante son provisionales y deben ser confirmados cuando se desarrolle completamente el SMA(R).

FIGURA 2

Diagrama de antena del receptor del SMA(R)

Diagrama de referencia del UIT-R para una antena de 6 dBi omnidireccional



NOTA 7 – Los límites mencionados se refieren a la dfp y a los ángulos de llegada que se obtendrían en condiciones de propagación en espacio libre.

NOTA 8 – Puede obtenerse una máscara de p.i.r.e. a partir de la máscara de dfp citada aplicando el método que figura en la Parte B del Anexo 2. También podría considerarse la simplificación de la máscara de p.i.r.e. resultante.

Parte D

Requisitos esenciales relativos a la protección del servicio de radionavegación aeronáutica que funciona en la banda 5 030-5 150 MHz

Cuando es necesaria una coordinación bilateral entre administraciones que explotan sistemas de aterrizaje por microondas y administraciones que explotan sistemas de TMA, la Recomendación UIT-R presentada en el *considerando también h*) podría ayudar en dichas discusiones.

Parte E

Requisitos esenciales relativos a la protección de la aplicación de seguridad aeronáutica en la banda 5 091-5 150 MHz

Ciertos estudios han demostrado que cuando el SMA(SA) y el SMA(TMA) no funcionan con frecuencias superpuestas se logra compatibilidad en frecuencia y no son necesarios requisitos esenciales para proteger la aplicación del SMA(SA).

Sin embargo, para el funcionamiento con frecuencias superpuestas es necesario realizar más estudios al respecto.

Anexo 2

Obtención de una máscara de p.i.r.e. a partir de un límite de dfp

Parte A

Obtención de una máscara de p.i.r.e. del hemisferio superior a partir de un límite de dfp

Al probar los equipos del SMA limitados a transmisiones de teledirigida para pruebas en vuelo a fin de determinar si satisfacen un determinado límite de dfp, tal como el que figura en la Parte A del Anexo 1, puede ser útil determinar una máscara de p.i.r.e. equivalente que pueda utilizarse a efectos de prueba.

El límite de dfp puede emplearse para determinar matemáticamente una máscara de p.i.r.e. del hemisferio superior, p.i.r.e. (θ, H) siendo θ el ángulo por encima del plano horizontal local y H la altitud de la aeronave. Esta conversión se lleva a cabo en dos pasos. En primer lugar, θ se convierte a un ángulo equivalente por debajo de la horizontal en el satélite, γ . A continuación, se calcula la

longitud del trayecto de propagación para el ángulo por encima de la horizontal θ y se utiliza para calcular las pérdidas por dispersión en el trayecto y la p.i.r.e. resultante.

Paso 1: Cálculo de un ángulo por debajo de la horizontal en el satélite (grados), γ , a partir de θ y H :

$$\gamma = \arccos\left((R_e + H) \times \frac{\cos(\theta)}{(R_e + H_{sat})}\right)$$

donde:

- θ : ángulo por encima de la horizontal en las estaciones de aeronave
- R_e : radio de la Tierra (6 378 km)
- H : altitud de la aeronave (km)
- H_{sat} : altitud del satélite del SFS (km)
- γ : ángulo por debajo de la horizontal en el satélite.

Paso 2: Cálculo del valor de p.i.r.e. a partir del límite de dfp definido:

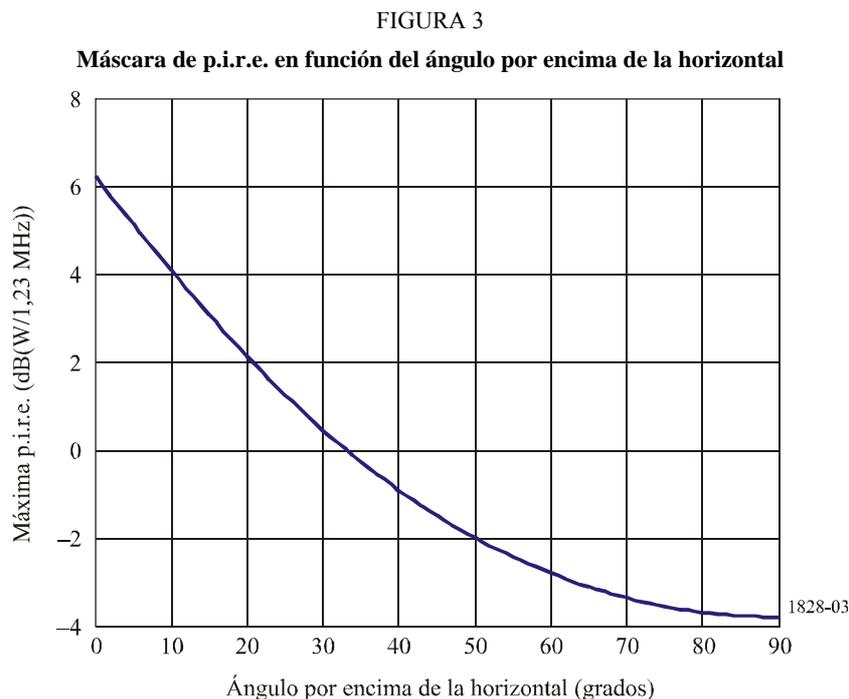
$$d = \left((R_e + H)^2 + (R_e + H_{sat})^2 - 2(R_e + H)(R_e + H_{sat})\cos(\gamma - \theta) \right)^{1/2}$$

$$\text{p.i.r.e.}(\theta, H) = \text{dfp} + 10 \log_{10}(4 \pi d^2) + 60$$

donde:

- d : distancia entre las estaciones de aeronave y el punto considerado sobre la superficie de la Tierra (km)
- dfp: límite de dfp (dB(W/(m² · MHz)))
- p.i.r.e.: (dB(W/MHz)).

La Fig. 3 representa esta función para altitudes de aeronave de 12 km basada en el límite de dfp indicado en la Parte A del Anexo 1. En este ejemplo, se considera que H_{sat} es 1 414 km.



Parte B

Obtención de la máscara de p.i.r.e. del hemisferio inferior a partir de un límite de dfp

Al probar los equipos de SMA limitados a transmisiones de telemedida para pruebas en vuelo a fin de determinar si satisfacen un determinado límite de dfp, tal como el que figura en la Parte B del Anexo 1, puede ser útil calcular una máscara de p.i.r.e. equivalente que pueda utilizarse a efectos de prueba.

El límite de dfp puede emplearse para determinar matemáticamente la máscara de p.i.r.e. (γ , H) siendo γ el ángulo por debajo del plano horizontal local y H la altitud de la aeronave. Esta conversión se lleva a cabo en dos pasos. En primer lugar, γ se convierte a un ángulo de llegada equivalente, θ . A continuación se determina la longitud del trayecto de propagación para el ángulo de llegada θ y se emplea para calcular las pérdidas por dispersión en el trayecto y la p.i.r.e. resultante.

Paso 1: Cálculo de un 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 : altitud 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 dirección del ángulo γ no intersecta la Tierra. En este caso, que aparece para valores de γ de unos 3,5 grados o inferiores, no existe un valor para θ y por consiguiente no hay un valor definido para la máscara de dfp.

Paso 2: Cálculo del valor de p.i.r.e. a partir del límite de dfp definido:

$$d = (R_e^2 + (R_e + H)^2 - 2 R_e (R_e + H) \cos(\gamma - \theta))^{1/2}$$

$$\text{p.i.r.e.}(\gamma, H) = \text{dfp} + 10 \log_{10}(4 \pi d^2) + 60$$

donde:

d : distancia entre las estaciones de aeronave y el punto considerado sobre la superficie de la Tierra (km)

dfp: límite de dfp (dB(W/(m² · MHz)))

p.i.r.e.: (dB(W/MHz)).

La Fig. 4 representa esta función para diversas altitudes de aeronave basada en el límite de dfp que figura en la Parte B del Anexo 1.

FIGURA 4

Máxima p.i.r.e. en función del ángulo por debajo de la horizontal para proteger el SM (RLAN)

