

RECOMENDACIÓN UIT-R F.1609

Evaluación de la interferencia causada por los sistemas del servicio fijo que utilizan estaciones situadas en plataformas a gran altitud a los sistemas del servicio fijo convencional en las bandas 27,5-28,35 GHz y 31-31,3 GHz

(Cuestión UIT-R 212/9)

(2003)

La Asamblea de Radiocomunicaciones de la UIT,

considerando

- a) que se está desarrollando una nueva tecnología en la que se utilizan estaciones situadas en plataformas a gran altitud (HAPS) ubicadas en la estratosfera;
- b) que la CMR-97 adoptó disposiciones para la explotación de las HAPS por el servicio fijo en las bandas 47,2-47,5 GHz y 47,9-48,2 GHz;
- c) que como las bandas de 47 GHz son más susceptibles a la atenuación debida a la lluvia en los países enumerados en los números 5.537A y 5.543A del Reglamento de Radiocomunicaciones (RR), el UIT-R ha estudiado la gama de frecuencias 18-32 GHz para la posible identificación de espectro adicional;
- d) que el número 5.537A del RR establece que la atribución al servicio fijo en la banda 27,5-28,35 GHz puede ser utilizada también por las HAPS en los países enumerados y que el empleo por las estaciones HAPS se limita al funcionamiento en el sentido descendente HAPS-tierra y no deberá causar interferencias perjudiciales a los tipos convencionales de sistemas del servicio fijo o a los otros servicios con atribuciones a título primario con igualdad de derechos, ni reclamar protección a los mismos;
- e) que el número 5.543A del RR establece que la atribución al servicio fijo en la banda 31-31,3 GHz puede ser utilizada también por las HAPS en el sentido tierra-HAPS en los países enumerados y que el empleo por las estaciones HAPS no deberá causar interferencias perjudiciales a los tipos convencionales de sistemas del servicio fijo o a los otros servicios con atribuciones a título primario con igualdad de derechos ni reclamar protección a los mismos, conforme a lo dispuesto en el número 5.545 del RR;
- f) que el número 5.543A del RR también establece que el empleo de las estaciones HAPS en la banda 31-31,3 GHz no causará interferencias perjudiciales a los servicios pasivos con atribuciones a título primario en la banda 31,3-31,8 GHz, con arreglo a los criterios de interferencia estipulados en las Recomendaciones UIT-R SA.1029 y UIT-R RA.769;
- g) que las administraciones de los países enumerados en el número 5.543A del RR son instadas a que limiten la instalación de estaciones HAPS en la banda 31-31,3 GHz a la mitad inferior de esta banda (31-31,15 GHz) hasta la CMR-03;

h) que la Resolución 122 (Rev.CMR-2000) solicita la realización urgente de estudios sobre los temas técnicos, de compartición y reglamentarios a fin de determinar criterios para la explotación de las HAPS en las bandas 27,5-28,35 GHz y 31-31,3 GHz;

j) que las bandas 27,5-28,35 GHz y 31-31,3 GHz están atribuidas al servicio fijo a título primario,

recomienda

1 que se utilicen las metodologías contenidas en los Anexos 1 y 2 para evaluar la interferencia causada por un sistema basado en HAPS a un sistema del servicio fijo convencional (punto a multipunto (P-MP) y punto a punto) (véanse las Notas 1 y 2);

2 que se utilicen las metodologías contenidas en los Anexos 1 y 2 para desarrollar convenios bilaterales entre las administraciones.

NOTA 1 – Debe consultarse la Recomendación UIT-R F.1569 con relación a los parámetros típicos referentes a un sistema basado en HAPS.

NOTA 2 – La evaluación de la interferencia provocada por un sistema basado en HAPS al sistema de acceso inalámbrico fijo (FWA) se trata en los Anexos 1 y 2 para la hipótesis de interferencia de caso más desfavorable. La adopción de las técnicas de reducción de la interferencia descritas en la Recomendación UIT-T R F.1608 pueden acortar la distancia de separación necesaria.

NOTA 3 – En los Anexos 1 y 2 se ha fijado el valor numérico del parámetro potencia salida de transmisión. No será difícil calcular los valores de otros parámetros basándose en los resultados allí descritos. Además, la Recomendación UIT-R F.758 enumera ciertos parámetros del sistema, algunos de los cuales incluyen el caso más desfavorable desde el punto de vista de los temas de interferencia.

Anexo 1

Metodología para evaluar la interferencia causada por los sistemas del servicio fijo que utilizan HAPS a los sistemas de FWA, P-MP en las bandas 27,5-28,35 GHz y 31-31,3 GHz

1 Introducción

Este Anexo presenta una metodología para evaluar la interferencia, los parámetros técnicos y las técnicas de explotación que se deben utilizar para los estudios de compartición entre sistemas del servicio fijo que emplean HAPS y sistemas FWA que funcionan en modo P-MP en las bandas 27,5-28,35 GHz y 31-31,3 GHz. El sistema P-MP consta normalmente de una estación base y varias estaciones de abonado.

En el sistema FWA, no hay ninguna regla para usar estas dos bandas de frecuencias entre una estación base FWA y una estación de abonado FWA. Por consiguiente, tienen que considerarse todas las situaciones de interferencia.

2 Metodología para calcular la interferencia causada por un sistema basado en HAPS a un sistema FWA P-MP

2.1 Interferencia provocada por la aeronave HAPS a la estación FWA

La potencia de interferencia del haz puntual de la aeronave HAPS a la estación FWA, I (dB(W/MHz)), se obtiene por la ecuación (1).

$$I = P_{Tx_H_m B_n} + G_{Tx_H_m B_n}(\theta_{H_m B_n_F}) - L_S - L_{AtmHm_F} + G_{Rx_FWA}(\theta_{F_H_m}) - L_{fRx_FWA} \quad (1)$$

siendo:

$P_{Tx_H_m B_n}$: densidad de potencia de transmisión del haz puntual (B_n) de la HAPS (H_m) (dB(W/MHz))

$G_{Tx_H_m B_n}(\theta_{H_m B_n_F})$: ganancia de la antena del haz puntual de la aeronave HAPS hacia la dirección de la estación FWA (dBi)

L_S : pérdidas en el espacio libre entre la aeronave HAPS y la estación FWA (dB), obtenidas mediante la siguiente ecuación:

$$L_S = 20 \log\left(\frac{4\pi d \times 1000}{\lambda}\right)$$

d : distancia entre la aeronave HAPS y la estación FWA (km)

λ : longitud de onda (m)

L_{AtmHm_F} : pérdida por absorción atmosférica entre la aeronave HAPS y la estación FWA (dB) (para más detalles, véase el Apéndice 1 a los Anexos 1 y 2 que se basa en la Recomendación UIT-R F.1404, donde la absorción se denomina $A(h, \theta)$)

$G_{Rx_FWA}(\theta_{F_H_m})$: ganancia de la antena de recepción de la estación FWA en dirección de la aeronave HAPS (dBi)

L_{fRx_FWA} : pérdidas del alimentador de la estación FWA en el lado de recepción (dB).

La relación entre la potencia de interferencia y el ruido térmico del receptor, I/N , se obtiene por la ecuación (2).

$$I/N = I - 10 \log(293 \times k \times 10^{NF/10} \times 10^6) \quad \text{dB} \quad (2)$$

donde:

k : constante de Boltzmann = $1,38 \times 10^{-23}$ (J/K)

NF : factor de ruido de la estación FWA (dB)

2.2 Interferencia provocada por la estación HAPS en tierra a la estación FWA

La potencia de interferencia causada por la estación HAPS en tierra a la estación FWA, I (dB(W/MHz)), se obtiene por la ecuación (3).

$$I = P_{Tx_GS} - L_{fTx_GS} + G_{Tx_GS}(\theta_{H_F}) - L_S - L_{Atm} - L_{Obs} + G_{Rx_FWA}(\theta_{F_H}) - L_{fRx_FWA} \quad (3)$$

donde:

P_{Tx_GS} : densidad de potencia de transmisión de la estación HAPS en tierra (dB(W/MHz))

L_{fTx_GS} : pérdidas del alimentador de la estación HAPS en tierra (dB)

$G_{Tx_GS}(\theta_{H_F})$: ganancia de la antena de la estación HAPS en tierra en dirección de la estación FWA (dBi)

L_S : pérdidas en el espacio libre entre la estación HAPS en tierra y la estación FWA (dB)

L_{Atm} : pérdida por absorción atmosférica entre la estación HAPS en tierra y la estación FWA (dB), que se calcula mediante la Recomendación UIT-R P.676

L_{Obs} : pérdida por apantallamiento entre la estación HAPS en tierra y la estación FWA (no se incluye en el cálculo de la distancia de separación necesaria) (dB)

$G_{Rx_FWA}(\theta_{F_H})$: ganancia de la antena de recepción de la estación FWA en dirección de la estación HAPS en tierra (dBi)

L_{fRx_FWA} : pérdidas del alimentador de la estación FWA (dB)

La relación I/N se obtiene por la ecuación (2).

3 Suposiciones para la evaluación de la interferencia

3.1 Sistema HAPS

Los parámetros del sistema HAPS se describen en la Recomendación UIT-R F.1569.

3.2 Sistema FWA con funcionamiento P-MP

El § 1 del Apéndice 2 a los Anexos 1 y 2 describe los parámetros supuestos en el sistema FWA con funcionamiento P-MP para llevar a cabo la evaluación de la interferencia, que incluye la estación base y la estación de abonado.

En cuanto a la estación base FWA, se consideran los tres casos siguientes desde la perspectiva del diagrama del haz de la antena y el esquema de reutilización de frecuencias. Se supone que las estaciones base están instaladas geográficamente cada 2 km.

Caso (a): el diagrama supuesto del haz de la antena se basa en la Recomendación UIT-R F.1336 y parece que la reutilización de frecuencias es comparativamente realista (se utilizan bandas de frecuencias segmentadas 4×4 para las cuatro estaciones base y su haz de antena es un sector de 90° : se instala repetidamente un grupo de cuatro estaciones).

Caso (b): el diagrama supuesto del haz de la antena se basa en la Recomendación UIT-R F.1336 y todas las estaciones base usan la misma frecuencia asignada a la estación base (por consiguiente, se supone un diagrama omnidireccional en la dirección acimutal).

Caso (c): el diagrama supuesto del haz de la antena es razonablemente realista y muchos proveedores de servicio lo adoptarían (no enumerado en ninguna Recomendación); el esquema de reutilización de frecuencias es el mismo que en el Caso (a).

4 Ejemplos del resultado de los cálculos en el caso del sistema FWA con funcionamiento P-MP

En este punto se muestran ejemplos de la característica de la relación I/N calculada y la distancia de separación necesaria. Por lo que concierne a los parámetros del sistema FWA con funcionamiento P-MP, se consideran los tres Casos, (a), (b) y (c), para la estación base. También se supone que se utiliza el mismo tipo de estación de abonado FWA para las tres estaciones base.

4.1 Interferencia provocada por la aeronave HAPS al sistema FWA

En el análisis de la interferencia causada por la aeronave HAPS a la estación base FWA, se supone que se han instalado 11×21 aeronaves HAPS en una superficie de $500 \text{ km} \times 1\,000 \text{ km}$. Las características de la relación I/N se evalúan como una función de la distancia entre la estación FWA y el punto nadir de la aeronave HAPS ubicada en el punto medio del lado de $1\,000 \text{ km}$.

Mediante cálculos, se supone que el haz principal de la estación base FWA siempre se orienta hacia la dirección horizontal. Por otro lado, para realizar el análisis del caso más desfavorable se supone que la estación de abonado FWA apunta directamente a las aeronaves HAPS situadas a ángulos de elevación de hasta 60° .

4.1.1 Interferencia provocada por la aeronave HAPS a la estación base FWA

En las Figs. 1 y 2 se muestran las características de la relación I/N de la estación base FWA para los Casos (a) y (b) respectivamente, cuando está sujeta a la interferencia causada por 11×21 aeronaves HAPS (véase la Fig. 3). La notación «frente» en la Fig. 1 significa que las estaciones base apuntan hacia el centro de múltiples aeronaves HAPS cara a cara en la dirección acimutal. «Lateral» y «posterior» indican las condiciones en que la estación base ve a la aeronave en su parte lateral y en su parte posterior, respectivamente. La relación I/N indicada muestra el valor más desfavorable entre todos los haces puntuales de las aeronaves HAPS que utilizan el esquema de reutilización de frecuencias.

En ambas Figuras, se observa que el valor máximo de la relación I/N es aproximadamente de -15 dB . Por consiguiente, bajo las condiciones aquí establecidas, se concluye que las múltiples aeronaves HAPS no pueden causar graves interferencias a la estación base FWA. Puede verse en la Fig. 2 que frente es igual a lateral y posterior, ya que se supone que el diagrama de antena tiene características omnidireccionales en la dirección acimutal.

Cuando se utiliza un diagrama del haz razonablemente realista para la estación base FWA como en el Caso (c), se reduce ligeramente el valor de la relación I/N como se ilustra en la Fig. 4. En el Caso (c), la relación I/N máxima es alrededor de -20 dB .

FIGURA 1

Características de la relación I/N en la estación de base FWA para el Caso (a) cuando es interferida por 11×21 aeronaves HAPS

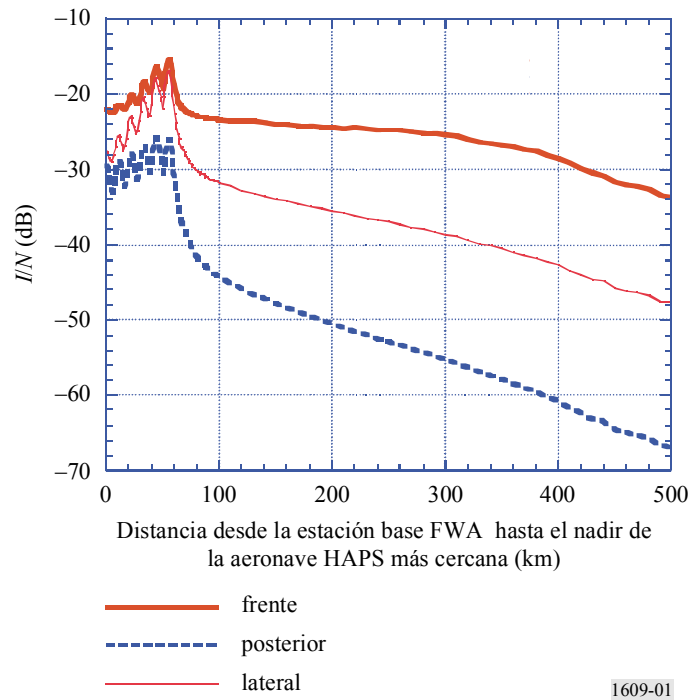


FIGURA 2

Características de la relación I/N en la estación de base FWA para el Caso (b) cuando es interferida por 11×21 aeronaves HAPS

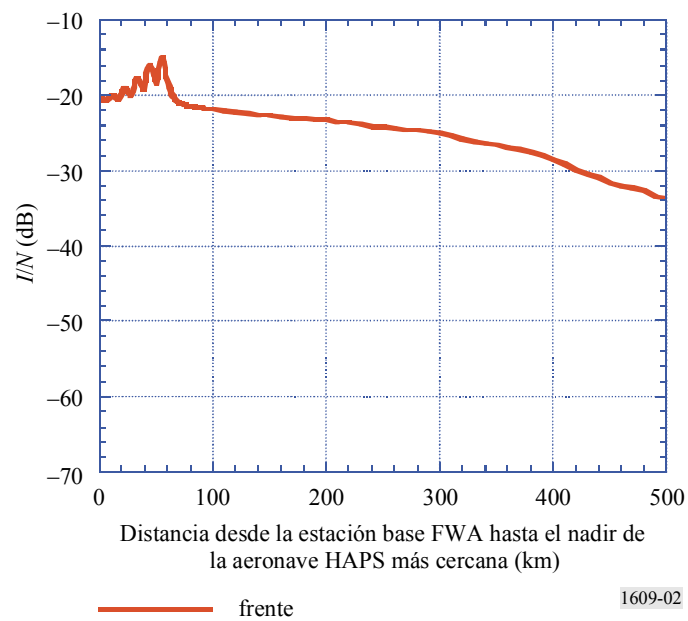
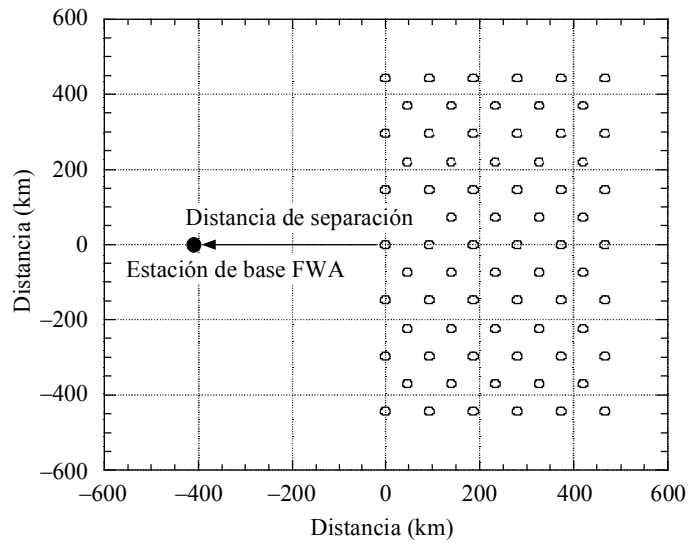


FIGURA 3

Aeronaves HAPS ubicadas en una superficie de 500 × 1 000 km

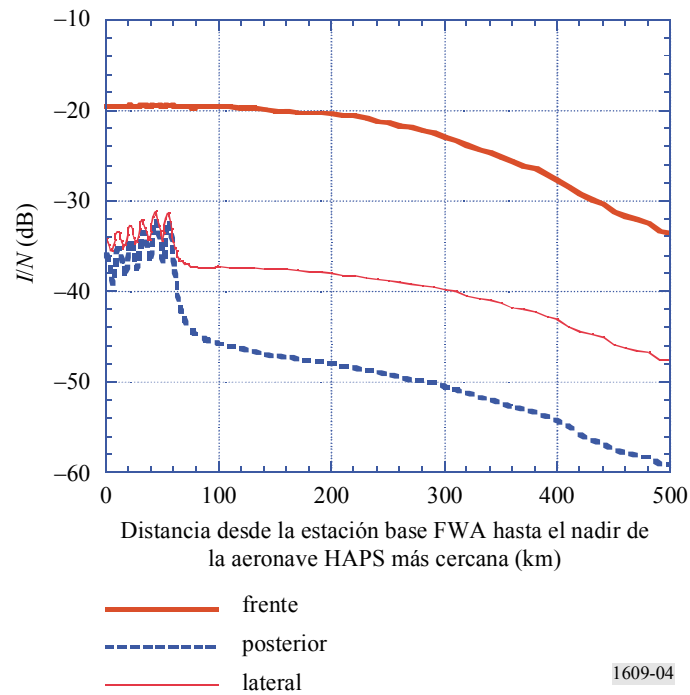


○ Ubicación de las aeronaves HAPS

1609-03

FIGURA 4

Características de la relación I/N en la estación de base FWA para el Caso (c) cuando es interferida por 11 × 21 aeronaves HAPS

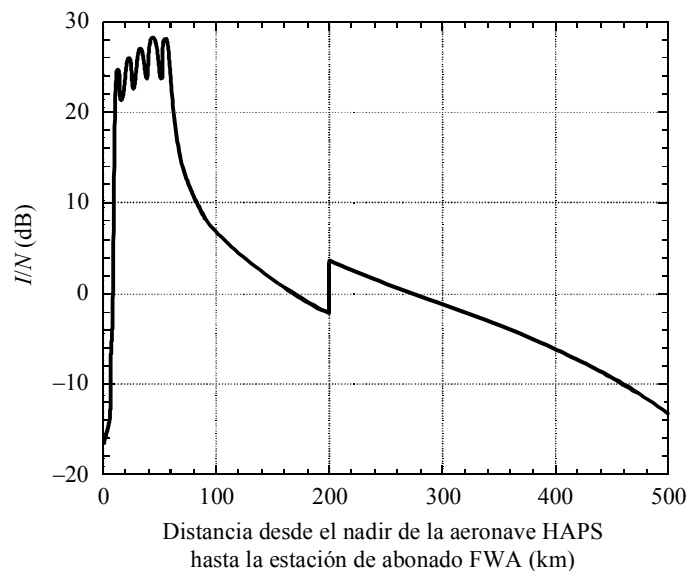


1609-04

4.1.2 Interferencia provocada por la aeronave HAPS a la estación de abonado FWA

Con respecto a las características de la relación I/N en la estación de abonado FWA, cuando ésta resulta interferida por una sola aeronave HAPS, la relación I/N más desfavorable pasa a tomar un valor elevado de aproximadamente 30 dB, como se muestra en la Fig. 5. Esto es debido a una mayor ganancia de antena en la estación de abonado FWA que la correspondiente a la estación base y a la suposición de que la antena de abonado FWA apunta directamente a la aeronave HAPS con una limitación para el máximo ángulo de elevación de 60° . Por consiguiente, la aeronave HAPS causará una elevada interferencia a la estación de abonado cuando se emplee la misma frecuencia. Se observa en la Fig. 5 que la distancia de 200 km corresponde al punto de transición entre la utilización de una antena de 30 cm de diámetro y la utilización de una antena de 60 cm de diámetro (véase la Nota 1 del Cuadro 2).

FIGURA 5
Características de la relación I/N en la estación de abonado FWA cuando es interferida por una sola aeronave HAPS



1609-05

4.2 Interferencia provocada por la estación HAPS en tierra al sistema FWA

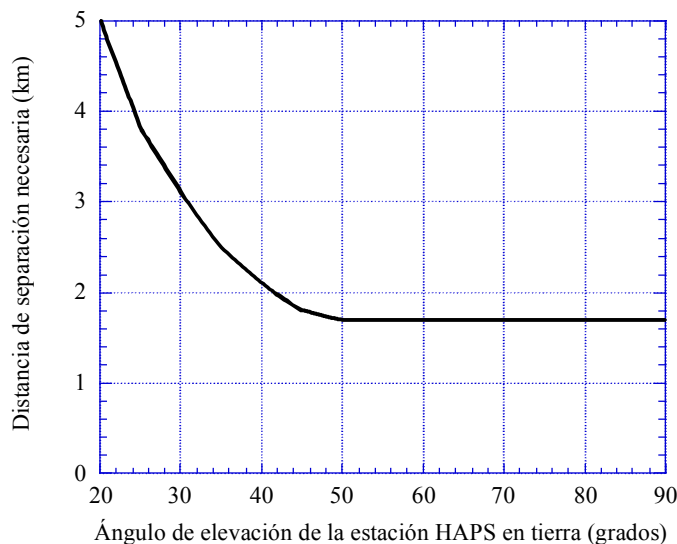
En lo referente a la interferencia causada por la estación HAPS en tierra a la estación FWA, el análisis se lleva a cabo sólo para la condición de visibilidad directa. Además, se supone que la altitud de la estación HAPS en tierra y la de la estación FWA (estación base y estación de abonado) es la misma y que la ganancia de antena de la estación base FWA en dirección a la estación HAPS en tierra es la misma en los tres Casos (a), (b) y (c). El cálculo se efectúa sólo para el caso de interferencia procedente de una sola fuente, bajo la condición de que las dos estaciones, que son la estación HAPS en tierra con un ángulo de elevación de más de 20° y la estación FWA que apunta en la dirección horizontal, estén orientadas cara a cara en acimut. El valor de la relación I/N supuesto para este análisis es -15 dB.

4.2.1 Interferencia provocada por la estación HAPS en tierra a la estación base FWA

En la Fig. 6 se muestra la distancia de separación necesaria cuando la estación HAPS en tierra causa interferencia a la estación base FWA. Utilizando los valores supuestos de la relación I/N , -15 dB, y del mínimo ángulo de elevación, 20° , la distancia de separación es de unos 5 km. Si se considera que la estación base FWA se instala repetidamente con reutilización de frecuencias en una distancia de 2-3 km, sería difícil la coexistencia de la estación base FWA y la estación HAPS en tierra a menos que se introduzca alguna técnica de reducción de interferencia.

FIGURA 6

Distancia de separación necesaria cuando la estación HAPS en tierra causa interferencia a la estación base FWA, en función del ángulo de elevación de la estación HAPS en tierra



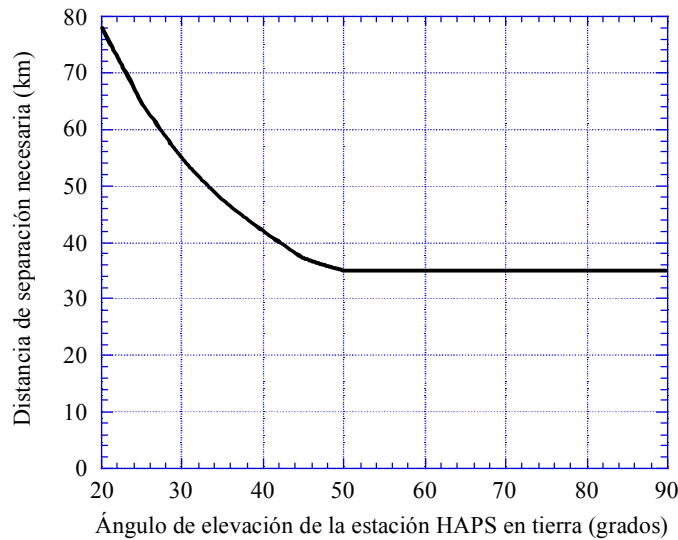
1609-06

4.2.2 Interferencia provocada por la estación HAPS en tierra a la estación de abonado FWA

En la Fig. 7 se muestra la distancia de separación necesaria cuando la estación HAPS en tierra produce interferencia a la estación de abonado FWA usando la característica de la relación I/N supuesta de -15 dB. Utilizando este valor de la relación I/N de -15 dB y para un ángulo de elevación de 20° , la distancia de separación es de unos 80 km. Resulta imposible la coexistencia de la estación de abonado FWA y la estación HAPS en tierra si no se utilizan técnicas de reducción de la interferencia.

FIGURA 7

Distancia de separación necesaria cuando la estación HAPS en tierra causa interferencia a la estación de abonado FWA, en función del ángulo de elevación de la estación HAPS en tierra



1609-07

5 Resumen

En este Anexo se muestra un método para evaluar la interferencia causada por los transmisores HAPS a los receptores FWA P-MP en términos de la característica de la relación I/N y se determina la distancia de separación necesaria para algunas hipótesis de instalaciones de estaciones FWA y estaciones HAPS.

Anexo 2

Metodología para evaluar la interferencia causada por los sistemas del servicio fijo que utilizan HAPS a los sistemas FWA punto a punto en las bandas 27,5-28,35 GHz y 31-31,3 GHz

1 Introducción

Este Anexo presenta una metodología para evaluar la interferencia, los parámetros técnicos y las técnicas de explotación que se deben utilizar para los estudios de compartición entre sistemas del servicio fijo que emplean HAPS y sistemas FWA que funcionan en modo punto a punto en las bandas 27,5-28,35 GHz y 31-31,3 GHz. El sistema punto a punto consiste en una pareja de dos estaciones de radiocomunicaciones orientadas cara a cara (para mayor sencillez, en el presente Anexo esta estación de radiocomunicaciones se denomina estación FWA).

2 Metodología para calcular la interferencia causada por un sistema basado en HAPS a un sistema FWA punto a punto

Como la metodología de cálculo de la interferencia entre el sistema HAPS y el sistema FWA con funcionamiento punto a punto es la misma que la descrita en el § 2 del Anexo 1, se omiten aquí las ecuaciones de cálculo.

3 Suposiciones para la evaluación de la interferencia

3.1 Sistema HAPS

Los parámetros del sistema HAPS se describen en la Recomendación UIT-R F.1569.

3.2 Sistema FWA con funcionamiento punto a punto

El § 2 del Apéndice 2 a los Anexos 1 y 2 describe los parámetros supuestos del sistema FWA con funcionamiento punto a punto para llevar a cabo la evaluación de la interferencia.

4 Ejemplos del resultado de los cálculos en el caso del sistema FWA con funcionamiento punto a punto

4.1 Interferencia provocada por la aeronave HAPS al sistema FWA

En el análisis de la interferencia causada por la aeronave HAPS a la estación FWA, se evalúan las características de la relación I/N en función de la distancia entre la estación FWA y el punto nadir de la aeronave HAPS. Mediante el cálculo, para realizar el análisis del caso más desfavorable se supone que la estación FWA apunta directamente a la aeronave HAPS situada a un ángulo de elevación de hasta 60° .

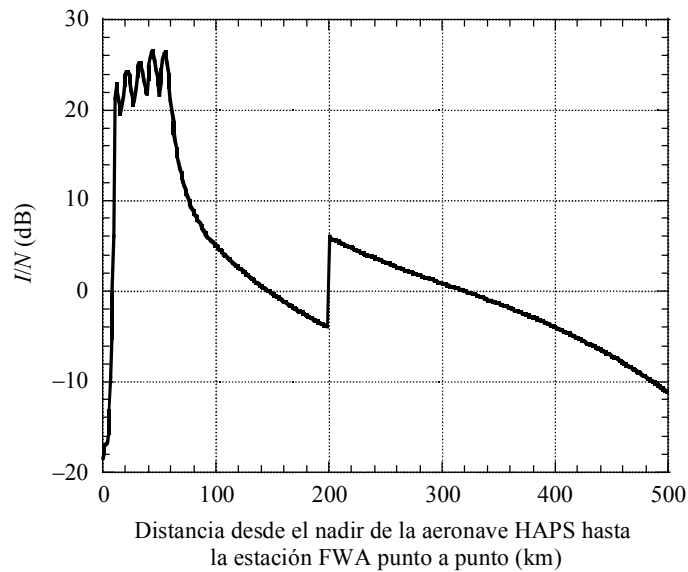
Con respecto a las características de la relación I/N en la estación FWA, cuando ésta resulta interferida por una sola aeronave HAPS, la relación I/N más desfavorable pasa a tomar un valor elevado de aproximadamente 30 dB, como se muestra en la Fig. 8. Esto es debido a una mayor ganancia de antena en la estación FWA y a la suposición de que la antena FWA apunta directamente a la aeronave HAPS con una limitación para el máximo ángulo de elevación de 60° . Por consiguiente, la aeronave HAPS causará una elevada interferencia a la estación FWA cuando se emplee la misma frecuencia. Se observa en la Fig. 8 que la distancia de 200 km indica el punto de transición entre la utilización de una antena de 30 cm de diámetro y la utilización de una antena de 90 cm de diámetro (véase la Nota 1 del Cuadro 3).

4.2 Interferencia provocada por la estación HAPS en tierra al sistema FWA

En lo referente a la interferencia causada por la estación HAPS en tierra a la estación FWA aquí tratada, el análisis se lleva a cabo sólo para la condición de visibilidad directa. Además, se supone que la altitud de la estación HAPS en tierra y la de la estación FWA es la misma. El cálculo se efectúa sólo para el caso de interferencia procedente de una sola fuente, bajo la condición de que las dos estaciones, que son la estación HAPS en tierra con un ángulo de elevación de más de 20° y la estación FWA que apunta en la dirección horizontal, estén orientadas cara a cara en acimut. El valor de la relación I/N supuesto en este análisis para la compartición de frecuencias es -15 dB.

FIGURA 8

Características de la relación I/N en la estación FWA cuando es interferida por una sola aeronave HAPS

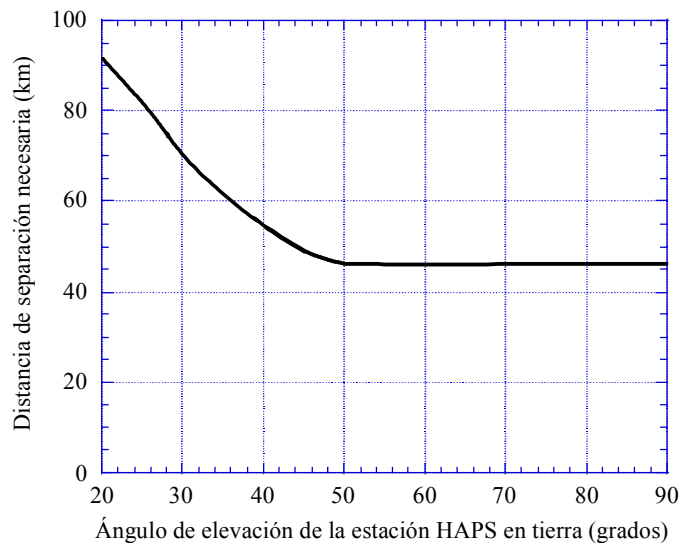


1609-08

En la Fig. 9 se muestra la distancia de separación necesaria cuando la estación HAPS en tierra causa interferencia a la estación FWA. Utilizando el valor de -15 dB para la relación I/N y de 20° para el máximo ángulo de elevación, la distancia de separación es de unos 92 km. Resulta imposible la coexistencia de la estación FWA punto a punto y la estación HAPS en tierra sin utilizar técnicas de reducción de la interferencia.

FIGURA 9

Distancia de separación necesaria cuando la estación HAPS en tierra causa interferencia a la estación FWA, en función del ángulo de elevación de la estación HAPS en tierra



1609-09

5 Resumen

En este Anexo se muestra un método para evaluar la interferencia causada por los transmisores HAPS a los receptores FWA punto a punto en términos de la característica de la relación I/N y se evalúa la distancia de separación necesaria para algunas hipótesis de instalación de estaciones FWA y estaciones HAPS.

La compartición de frecuencias entre las estaciones HAPS en tierra y el sistema FWA en la superficie terrestre podría ser posible basándose en la coubicación, y utilizando algunos medios adecuados tales como la asignación dinámica de frecuencias y/o coordinación suficiente, que serán asuntos de carácter nacional. Una manera eficaz de reducir la interferencia entre las estaciones HAPS en tierra y el sistema FWA es ubicar las primeras de modo que no se vean directamente desde el sistema FWA. Se observa también que la señal interferente es interceptada por los cerros de la tierra y/o los edificios en la mayoría de los casos en que dos estaciones están situadas a más de 100 km de distancia entre sí.

Apéndice 1 a los Anexos 1 y 2

Atenuación de la propagación debida a los gases atmosféricos en el trayecto oblicuo entre las aeronaves HAPS y las estaciones en tierra en las bandas 27,5-28,35 GHz y 31-31,3 GHz

Se ha calculado la atenuación de la propagación debida a los gases atmosféricos en el trayecto oblicuo entre las aeronaves HAPS y las estaciones en tierra utilizando el valor mínimo de dicha atenuación de la propagación debida a los gases atmosféricos. Esta mínima atenuación de la propagación se determinó de conformidad con el método descrito en la Recomendación UIT-R F.1404, el cual, a su vez, está basado en la metodología de la Recomendación UIT-R P.676. Los parámetros supuestos relativos al clima se presentan en el Cuadro 1 de la Recomendación UIT-R F.1404.

Las fórmulas numéricas para la atenuación atmosférica que aproximan los valores teóricos se dan en los siguientes puntos, donde:

$A_L(h, \theta)$, $A_M(h, \theta)$, $A_H(h, \theta)$: pérdida atmosférica total (dB) para las zonas de latitud baja (a menos de $22,5^\circ$ de la línea ecuatorial), de latitud media (a más de $22,5^\circ$, pero menos de 45° de la línea ecuatorial) y latitud alta (a 45° o más de la línea ecuatorial), respectivamente;

h : altitud de la estación en tierra sobre el nivel del mar (km);

θ : ángulo de elevación (grados).

La aproximación se llevó a cabo para $0 \leq h \leq 3$ km y $0^\circ \leq \theta \leq 90^\circ$. El ángulo de elevación real puede determinarse a partir del ángulo de elevación calculado en condiciones de propagación en el espacio libre aplicando el método de la Recomendación UIT-R F.1333. Para ángulos de elevación reales por debajo de 0° , debe utilizarse la atenuación para 0° .

1 Banda de frecuencias 27,5-28,35 GHz

En esta banda de frecuencias, la atenuación es ligeramente menor a las frecuencias más elevadas en las zonas de latitud baja y latitud media y ligeramente mayor a las frecuencias más elevadas en la zona de latitud alta. Por consiguiente, las siguientes fórmulas dan la atenuación a 28,35 GHz en el caso de las zonas de latitud baja y latitud media y la atenuación a 27,5 GHz en el caso de la zona de latitud alta.

$$A_L(h, \theta) = 21,28 / \left[1 + 0,9505\theta + 0,03065\theta^2 + h(0,3381 + 0,4466\theta) + h^2(0,2331 + 0,1169\theta) \right] \quad (1a)$$

$$A_M(h, \theta) = 11,63 / \left[1 + 0,8167\theta + 0,02649\theta^2 + h(0,2688 + 0,4486\theta) + 0,1394h^2 \right] \quad (1b)$$

$$A_H(h, \theta) = 8,77 / \left[1 + 0,8259\theta + h(0,2163 + 0,3037\theta) + 0,1067h^2 \right] \quad (1c)$$

2 Banda de frecuencias 31-31,3 GHz

En esta banda de frecuencias, la atenuación es mayor a las frecuencias más elevadas y, por consiguiente, las siguientes fórmulas dan la atenuación a 31 GHz.

$$A_L(h, \theta) = 19,54 / \left[1 + 0,9323\theta + 0,02553\theta^2 + h(0,3416 + 0,4413\theta) + h^2(0,1980 + 0,08016\theta) \right] \quad (2a)$$

$$A_M(h, \theta) = 11,76 / \left[1 + 0,8137\theta + 0,02033\theta^2 + h(0,2740 + 0,3935\theta) + 0,1203h^2 \right] \quad (2b)$$

$$A_H(h, \theta) = 9,52 / \left[1 + 0,8160\theta + h(0,2378 + 0,2722\theta) + 0,08949h^2 \right] \quad (2c)$$

Apéndice 2 a los Anexos 1 y 2

Parámetros del sistema FWA para los estudios de compartición

En este Apéndice se describen los parámetros del sistema FWA con funcionamiento P-MP, que incluyen tanto la estación base como la estación de abonado y los parámetros del sistema FWA con funcionamiento punto a punto.

1 Sistema FWA con funcionamiento P-MP

Para la estación base FWA, se consideran los siguientes tres casos desde la perspectiva del diagrama de antena de la estación base y el esquema de reutilización de frecuencias. Se supone que las estaciones base están instaladas cada 2 km.

Caso (a): el diagrama supuesto del haz de la antena se basa en la Recomendación UIT-R F.1336-1 y parece que la reutilización de frecuencias es comparativamente realista (se utilizan bandas de frecuencias segmentadas 4×4 para las cuatro estaciones base y su haz de antena es un sector de 90° : se instala repetidamente un grupo de cuatro estaciones):

Caso (b): el diagrama supuesto del haz de la antena se basa en la Recomendación UIT-R F.1336-1 y todas las estaciones base usan la misma frecuencia asignada a la estación base (por consiguiente, se supone un diagrama omnidireccional en la dirección acimutal):

Caso (c): el diagrama supuesto del haz de la antena es razonablemente realista y muchos proveedores de servicio lo adoptarían (no enumerado en ninguna Recomendación); el esquema de reutilización de frecuencias es el mismo que en el Caso (a).

En los Cuadros 1 y 2 se muestran los parámetros de la estación base FWA para los tres Casos anteriores y los de la estación de abonado FWA que se suponen iguales para los tres Casos, respectivamente. En cuanto al Caso (c), se utilizan las características cosec, fabricados por un cierto proveedor de soporte físico de antena.

CUADRO 1

Parámetros de la estación de base en el sistema FWA P-MP

Parámetro	Caso (a)		Caso (b)		Caso (c)	
	31 GHz	28 GHz	31 GHz	28 GHz	31 GHz	28 GHz
Potencia de salida de transmisión (dBW)	-5	-4	-5	-4	-5	-4
Densidad espectral de la potencia de salida (dB(W/MHz))	-17	-18,1	-17	-18,1	-17	-18,1
Factor de ruido (dB)	7	6	7	6	7	6
Ruido térmico calculado para el receptor (dB(W/MHz))	-137	-138	-137	-138	-137	-138
Ganancia de la antena (dBi)	15	15	15	15	15	15
Diagrama de antena (en acimut, véase la Fig. 10)	Rec. UIT-R F.1336 ⁽¹⁾	Rec. UIT-R F.1336 ⁽¹⁾	Omnidireccional	Omnidireccional	Característica cosec	Característica cosec
Diagrama de antena (en elevación, véase la Fig. 11)	Rec. UIT-R F.1336 ⁽²⁾	Rec. UIT-R F.1336 ⁽²⁾	Rec. UIT-R F.1336 ⁽²⁾	Rec. UIT-R F.1336 ⁽²⁾	Característica cosec	Característica cosec
Pérdidas en el alimentador (dB)	0	0	0	0	0	0
Modulación	MDP-4	MDP-4	MDP-4	MDP-4	MDP-4	MDP-4

⁽¹⁾ El diagrama del haz es el contorno de la característica medida mostrada en la Fig. 15 del Anexo 3 a la Recomendación UIT-R F.1336.

⁽²⁾ El diagrama del haz se expresa con las ecuaciones (1a), (1b) y (1c) de la Recomendación UIT-R F.1336.

FIGURA 10

Diagrama supuesto del haz de antena en la dirección acimutal

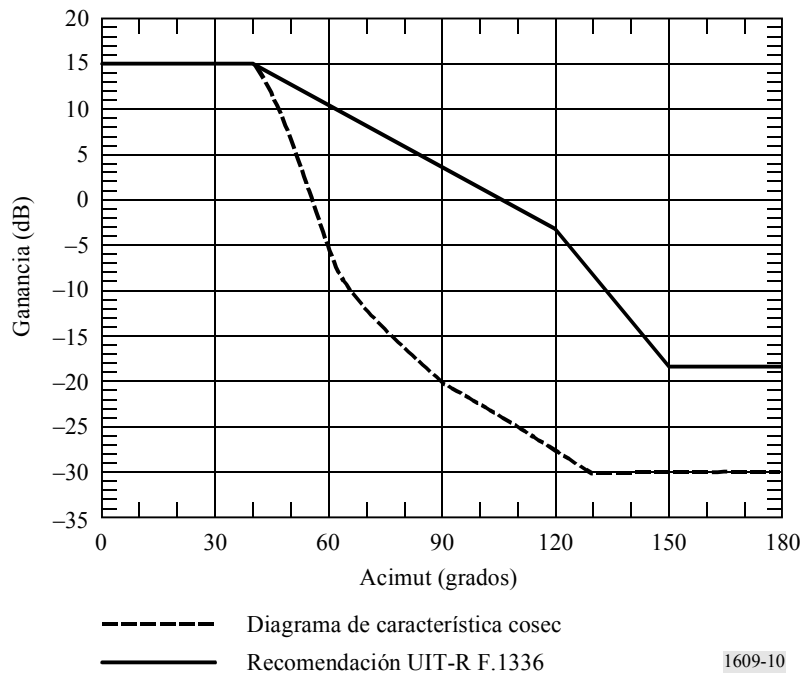
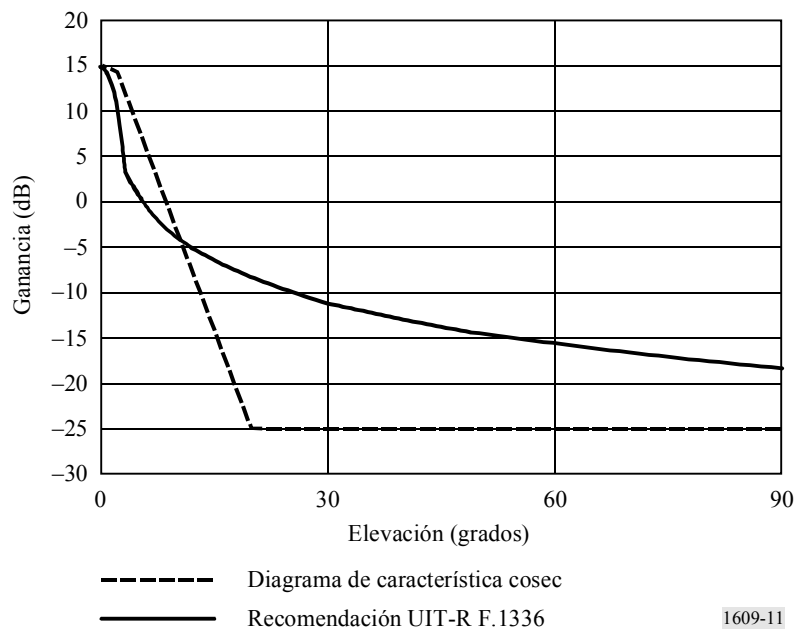


FIGURA 11

Diagrama supuesto del haz de antena en la dirección de elevación



2 Sistema FWA con funcionamiento punto a punto

En el Cuadro 3 se muestran los parámetros del sistema de la estación FWA en el sistema punto a punto. En este sistema no se considera generalmente el control de potencia de transmisión. La estación FWA siempre transmite la señal con la potencia necesaria en condiciones de lluvia.

CUADRO 2

Parámetros de la estación de abonado en el sistema FWA P-MP

Parámetro	Desvanecimiento por lluvia		Cielo despejado	
	31 GHz	28 GHz	31 GHz	28 GHz
Potencia de salida de transmisión (dBW)	-10	-10	-23	-20
Densidad espectral de la potencia de salida (dB(W/MHz))	-17	-18,1	-30	-28,1
Factor de ruido (dB)	7	6	7	6
Ruido térmico calculado para el receptor (dB(W/MHz))	-137	-138	-137	-138
Ganancia de la antena (dBi)	37/43	36/42	37/43	36/42
Diagrama de antena	Rec. UIT-R F.1245	Rec. UIT-R F.1245	Rec. UIT-R F.1245	Rec. UIT-R F.1245
Pérdidas en el alimentador (dB)	0	0	0	0
Modulación	MDP-4	MDP-4	MDP-4	MDP-4

NOTA 1 – Para la ganancia de la antena a 31 GHz, 43 dBi corresponden a la antena de 60 cm de diámetro para larga distancia, mientras que 37 dBi corresponden a la antena de 30 cm para corta distancia. Se supone que se usa la antena de 30 cm para una elevación de más de 5° y la antena de 60 cm en el resto de los casos. Tal suposición se efectúa igualmente para 28 GHz.

CUADRO 3

Parámetros de la estación FWA en el sistema punto a punto

Parámetro	31 GHz	28 GHz
Potencia de salida de transmisión (dBW)	-3	-3
Densidad espectral de la potencia de salida (dB(W/MHz))	-6	-6
Factor de ruido (dB)	7	8
Ruido térmico calculado para el receptor (dB(W/MHz))	-137	-136
Ganancia de la antena (dBi)	37/46	36/46
Diagrama de antena	Rec. UIT-R F.1245	Rec. UIT-R F.1245
Pérdidas en el alimentador (dB)	0	0
Modulación	modulación por desplazamiento de frecuencia (MDF-4)	MDP-4

NOTA 1 – Para la ganancia de la antena a 31 GHz, 46 dBi corresponden a la antena de unos 90 cm de diámetro para larga distancia, mientras que 37 dBi corresponden a la antena de 30 cm para corta distancia. Se supone que se usa la antena de 30 cm para una elevación de más de 5° y la antena de 90 cm en el resto de los casos. Tal suposición se efectúa igualmente para 28 GHz.