

UIT-R

Sector de Radiocomunicaciones de la UIT

Recomendación UIT-R F.1607
(02/2003)

**Técnicas de reducción de la interferencia
para uso en las estaciones situadas
en plataformas a gran altitud en
las bandas 27,5-28,35 GHz
y 31,0-31,3 GHz**

Serie F
Servicio fijo



Prólogo

El Sector de Radiocomunicaciones tiene como cometido garantizar la utilización racional, equitativa, eficaz y económica del espectro de frecuencias radioeléctricas por todos los servicios de radiocomunicaciones, incluidos los servicios por satélite, y realizar, sin limitación de gamas de frecuencias, estudios que sirvan de base para la adopción de las Recomendaciones UIT-R.

Las Conferencias Mundiales y Regionales de Radiocomunicaciones y las Asambleas de Radiocomunicaciones, con la colaboración de las Comisiones de Estudio, cumplen las funciones reglamentarias y políticas del Sector de Radiocomunicaciones.

Política sobre Derechos de Propiedad Intelectual (IPR)

La política del UIT-R sobre Derechos de Propiedad Intelectual se describe en la Política Común de Patentes UIT-T/UIT-R/ISO/CEI a la que se hace referencia en el Anexo 1 a la Resolución UIT-R 1. Los formularios que deben utilizarse en la declaración sobre patentes y utilización de patentes por los titulares de las mismas figuran en la dirección web <http://www.itu.int/ITU-R/go/patents/es>, donde también aparecen las Directrices para la implementación de la Política Común de Patentes UIT-T/UIT-R/ISO/CEI y la base de datos sobre información de patentes del UIT-R sobre este asunto.

Series de las Recomendaciones UIT-R

(También disponible en línea en <http://www.itu.int/publ/R-REC/es>)

Series	Título
BO	Distribución por satélite
BR	Registro para producción, archivo y reproducción; películas en televisión
BS	Servicio de radiodifusión sonora
BT	Servicio de radiodifusión (televisión)
F	Servicio fijo
M	Servicios móviles, de radiodeterminación, de aficionados y otros servicios por satélite conexos
P	Propagación de las ondas radioeléctricas
RA	Radio astronomía
RS	Sistemas de detección a distancia
S	Servicio fijo por satélite
SA	Aplicaciones espaciales y meteorología
SF	Compartición de frecuencias y coordinación entre los sistemas del servicio fijo por satélite y del servicio fijo
SM	Gestión del espectro
SNG	Periodismo electrónico por satélite
TF	Emisiones de frecuencias patrón y señales horarias
V	Vocabulario y cuestiones afines

Nota: Esta Recomendación UIT-R fue aprobada en inglés conforme al procedimiento detallado en la Resolución UIT-R 1.

Publicación electrónica
Ginebra, 2010

© UIT 2010

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

RECOMENDACIÓN UIT-R F.1607*

Técnicas de reducción de la interferencia para uso en las estaciones situadas en plataformas a gran altitud en las bandas 27,5-28,35 GHz y 31,0-31,3 GHz

(2003)

Cometido

En la presente Recomendación se describen técnicas de reducción de la interferencia para sistemas situados en HAPS en las bandas 27,5-28,35 GHz y 31,0-31,3 GHz. Estas técnicas permite reducir diversos efectos de la interferencia que reciben o causan los sistemas que funcionan en las mismas bandas o en bandas adyacentes. En el Anexo se resumen y se indican las ventajas de estas técnicas, que comprenden el aumento del ángulo mínimo de elevación, la mejora del diagrama de radiación de las antenas, los efectos de apantallamiento por el fuselaje de la aeronave HAPS, la asignación dinámica de canales y el control automático de la potencia de transmisión.

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), en la estratosfera,

reconociendo

a) que, en ciertos países, las bandas 27,5-28,35 GHz y 31,0-31,3 GHz también se utilizan para HAPS en el servicio fijo en régimen de no causar interferencia perjudicial ni reclamar protección,

recomienda

1 que se consideren las siguientes técnicas generales de reducción de la interferencia en el desarrollo de sistemas que utilicen las HAPS en las bandas 27,5-28,35 GHz y 31,0-31,3 GHz:

- a) aumentar el mínimo ángulo de elevación operacional;
- b) mejorar los diagramas de radiación de las antenas a bordo de las HAPS y en sus estaciones en tierra;
- c) aprovechar el efecto de apantallamiento por el fuselaje de la aeronave HAPS;
- d) asignación dinámica de canales;
- e) control automático de potencia de transmisión (CAPT);

2 que las siguientes Notas se consideren parte integrante de la presente Recomendación.

NOTA 1 – En el Anexo 1 se describen los principios generales de estas técnicas de reducción de interferencia y en el Anexo 2 se presenta una descripción más detallada de la asignación dinámica de canales.

NOTA 2 – Se debe hacer referencia a la Recomendación UIT-R F.1569 para los sistemas HAPS que emplean las bandas de frecuencias 27,5-28,35 GHz y 31,0-31,3 GHz.

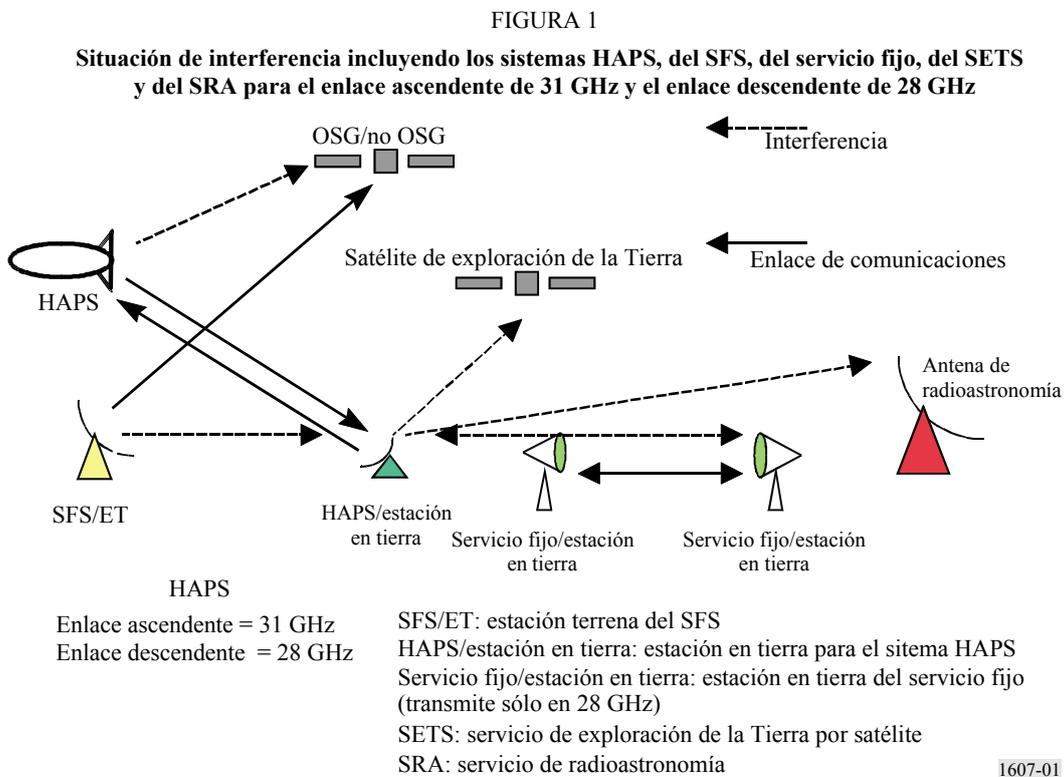
* La Comisión de Estudio 5 de Radiocomunicaciones introdujo modificaciones redaccionales en esta Recomendación en diciembre de 2009, de conformidad con la Resolución UIT-R 1.

Anexo 1

Técnicas de reducción de la interferencia propuestas para su utilización en las HAPS en las bandas 27,5-28,35 GHz y 31,0-31,3 GHz

1 Situación de interferencia

En la Fig. 1 se muestra un ejemplo de la situación de interferencia entre el sistema HAPS y otros servicios. En este Anexo se presenta la técnica de reducción de la interferencia para lograr la compartición de frecuencias entre el sistema HAPS con otros servicios y se describen sus principios y ventajas.



2 Técnicas de reducción de la interferencia

En el Cuadro 1 se resume la relación entre la técnica de reducción y su situación de interferencia efectiva. Además, se ilustran en el mismo Cuadro el principio y las ventajas técnicas de cada método de reducción de la interferencia.

CUADRO 1

Relación entre las técnicas de reducción de la interferencia y las hipótesis de interferencia

Sistemas que comparten la hipótesis de interferencia		SFS (interferencia dentro de la banda)		Al/del servicio fijo (dentro de la banda)	Servicio científico (interferencia a la banda adyacente)	
		Al satélite del SFS	Del SFS/ET		Al satélite del SETS	A la estación del SRA
1) Aumento del mínimo ángulo de elevación operacional			√	√		√
2) Mejora de los diagramas de radiación de las antenas a bordo de la HAPS y en la estación en tierra		√	√	√		√
3) Efecto de apantallamiento por el fuselaje de la aeronave HAPS		√				
4) Asignación dinámica de canales			√	√		
5) CAPT	Enlace ascendente HAPS			√	√	√
	Enlace descendente HAPS	√		√		

√: eficaz.

1) *Aumento del mínimo ángulo de elevación operacional*

Se podrían reducir las interferencias causadas por la estación terrena del SFS a la estación HAPS en tierra, la correspondiente entre la estación del servicio fijo en tierra y la estación HAPS en tierra y la provocada por la estación HAPS en tierra a la estación del SRA aumentando el mínimo ángulo de elevación operacional de la estación HAPS en tierra de forma que se incremente el ángulo de separación de la antena hacia las estaciones en tierra para otros servicios. Como resultado, podría acortarse la distancia de separación necesaria.

Por ejemplo, si se aumenta de 20° a 40° el mínimo ángulo de funcionamiento de la estación HAPS en tierra, la distancia de separación se reduce aproximadamente a la mitad (0,42 concretamente) como se muestra a continuación. En la siguiente ecuación de la Recomendación UIT-R F.1245, se da, de acuerdo con el análisis teórico, el diagrama de radiación de la antena de la estación HAPS en tierra para esa gama de ángulos con respecto al eje:

$$G(\varphi) = 39 - 5 \log_{10}(D/\lambda) - 25 \log_{10}(\varphi)$$

donde:

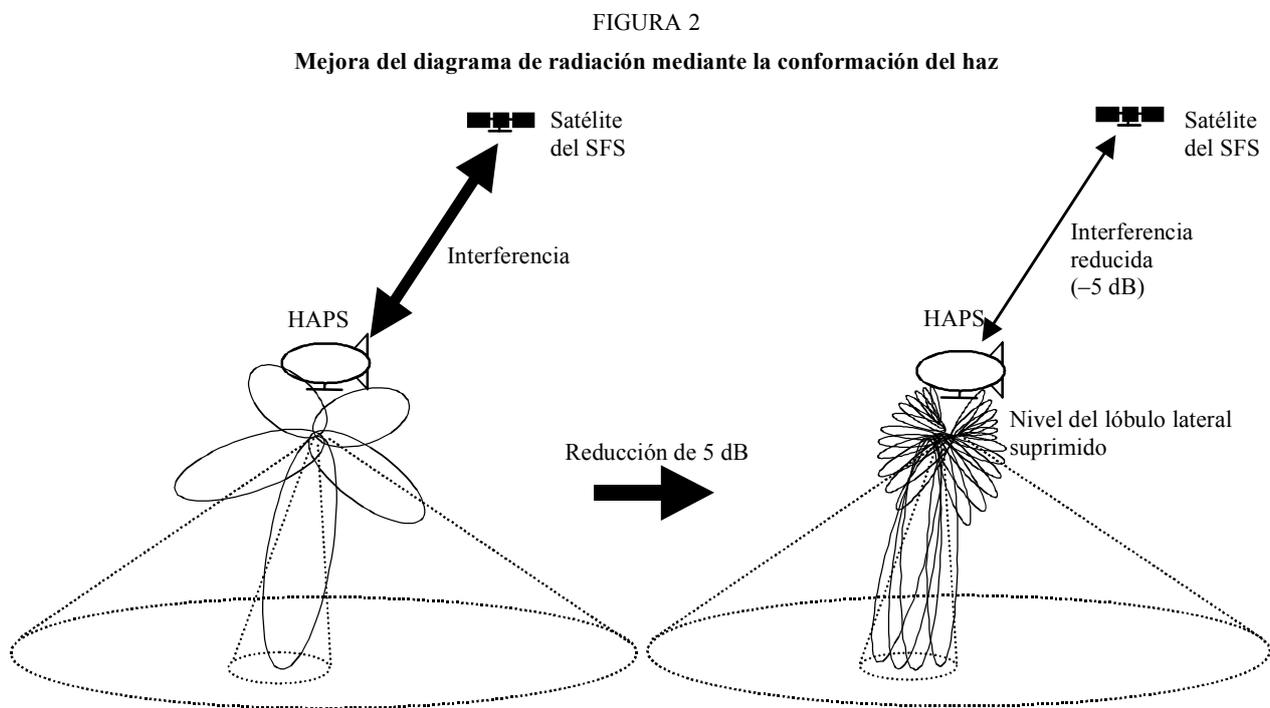
- φ: ángulo con respecto al eje (grados)
 - D: diámetro de la antena
 - λ: longitud de onda
- } expresados en las mismas unidades

La diferencia entre las ganancias de la antena para ángulos con respecto al eje de 20° y de 40° es aproximadamente, 7,5 dB. Por consiguiente, se calcula la reducción de la interferencia mediante la fórmula $1/\sqrt{10^{7,5/10}} = 0,42$, ya que las pérdidas de trayecto son proporcionales al cuadrado de la distancia de transmisión. Se observa que en el caso de un mínimo ángulo de elevación de 40° es preciso aumentar el número requerido de aeronaves HAPS para mantener inalterada la cobertura total del servicio.

2) *Mejora de los diagramas de radiación de las antenas a bordo de la HAPS y en la estación en tierra*

Se podría reducir la interferencia causada por la aeronave HAPS al segmento espacial del satélite mediante la conformación de los diagramas de cada haz de la antena multihaz a bordo de dicha aeronave HAPS, ya que esta conformación mejora las características de los lóbulos principales y laterales.

Como resultado de un estudio preliminar, se espera reducir en unos 5 dB la potencia de radiación de los lóbulos lateral y posterior, conformando el diagrama del haz de la antena con las características más desfavorables mediante cuatro haces agrupados, como se ilustra en la Fig. 2. La mejora se debe a la reducción de la potencia de transmisión debido al aumento de la ganancia de la antena en el eje de puntería y también a la disminución de la ganancia del lóbulo lateral.



La mejora del diagrama de radiación (supresión de la ganancia en el ángulo de elevación más pequeño que el mínimo ángulo de elevación operacional en el sistema HAPS) de la antena en la estación HAPS en tierra también es eficaz para reducir la interferencia entre esta última y las estaciones en tierra para otros servicios (estación del servicio fijo, estación terrena del SFS y estación del SRA).

3) *Efecto de apantallamiento por el fuselaje de la aeronave HAPS*

Este efecto se produce a causa del revestimiento metálico del fuselaje de la aeronave HAPS. El cálculo de interferencia entre la aeronave HAPS y el segmento espacial del satélite se reduce a tener en cuenta el efecto de apantallamiento a las características del haz del lóbulo lateral y del lóbulo posterior de la antena a bordo de la aeronave HAPS.

El efecto de apantallamiento esperado se examina mediante análisis de dispersión electromagnética utilizando el modelo del conductor cilíndrico 2-D con incidencia normal en el plano de la onda.

Según el análisis y su aproximación en la expresión de la ecuación, podría usarse el siguiente contorno de efecto de apantallamiento para un máximo diámetro del cuerpo de la aeronave HAPS mayor de 15 m y una frecuencia de las señales superior a 20 GHz.

0 dB	para $0^\circ \leq \theta \leq 90^\circ$
$0,5(\theta - 90)$ dB	para $90^\circ < \theta \leq 120^\circ$
15 dB	para $120^\circ < \theta \leq 180^\circ$

donde θ es el ángulo de separación entre la dirección de interés (como por ejemplo un satélite) y la dirección nadir de la HAPS.

El valor más preciso del efecto de apantallamiento debe ser investigado mediante experimentos.

4) *Asignación dinámica de canales (ADC)*

La ADC es el esquema de reducción de interferencia, que busca una frecuencia o un intervalo de tiempo no utilizados y los emplea, de forma que no se cause interferencia a otros servicios ni se reciba interferencia de otros servicios. Cuando los sistemas de comunicaciones funcionan con asignación por demanda, la ADC que utiliza el esquema autocontrolado es eficaz para lograr la compartición con otros servicios.

Como ejemplo, se podría hacer referencia al sistema de asignación dinámica de la actividad del canal (SADAC), que dispone el sistema de satélites del servicio móvil por satélite (no OSG) LEOTELECOM-1. Al sustituir el sistema de satélites no OSG que utiliza SADAC por el sistema basado en HAPS, se obtiene el siguiente ejemplo de ADC para HAPS:

- la aeronave HAPS incluye a bordo una función de supervisión de frecuencias;
- supervisa el estado de utilización de frecuencias de otros sistemas con los que se comparten frecuencias;
- el sistema HAPS asigna un intervalo de frecuencia no utilizada supervisada para el enlace de comunicaciones.

Cuando se requiere compartición de frecuencias en la misma banda y en la misma zona de servicio, sólo el esquema ADC puede ser eficaz. En el Anexo 2 se adjuntan los resultados de los estudios preliminares de la ADC aplicada a la compartición de frecuencias entre el sistema HAPS y el sistema de acceso inalámbrico fijo (FWA).

5) *Control automático de la potencia de transmisión (CAPT)*

En el diseño de los sistemas de radiocomunicaciones que utilizan las bandas de frecuencias superiores, se tiene en cuenta la atenuación debida a la lluvia. Para compensar esta atenuación, se aumenta la potencia de transmisión por el valor de la atenuación debida a la lluvia. El esquema del CAPT tiene la función de controlar la potencia de salida supervisando las condiciones atmosféricas o la potencia de recepción. La potencia de transmisión se aumenta en condiciones de lluvia y se reduce en condiciones de cielo despejado.

Como el CAPT se trata esencialmente de un método para evitar una potencia de transmisión de la señal, innecesariamente más elevada, es útil desde el punto de vista de reducción de la interferencia. En caso de interferencia dentro de la banda entre la estación HAPS en tierra y la estación en tierra del servicio fijo, su efecto aparece directamente. En caso de interferencia como resultado de emisiones no deseadas, que pueden afectar a los servicios científicos tales como el SETS y el SRA que emplean la banda adyacente, el CAPT podría lograr la reducción del nivel de las emisiones no deseadas.

El CAPT en el transmisor a bordo de la HAPS de los haces puntuales individuales reduce la interferencia del enlace descendente en los satélites que utilizan la misma banda en condiciones de cielo despejado, mientras que aumenta la potencia de la interferencia en condiciones de lluvia. En las zonas de lluvia intensa que necesitan transmisión de alta potencia con CAPT y el porcentaje de tiempo de tal necesidad, no obstante, es realmente muy limitado, la repercusión de la interferencia combinada procedente de todos los haces puntuales y todas las HAPS en los satélites, no sería excesiva.

En lo que concierne al nivel de ruido fuera de banda del módulo de RF tal como el amplificador de alta potencia, es necesario estudiar el efecto del CAPT en la característica de nivel de ruido a través de la fabricación de soporte físico.

Anexo 2

Asignación dinámica de canales para facilitar la compartición de las bandas 27,5-28,35 GHz y 31,0-31,3 GHz entre el servicio fijo que utiliza HAPS y estaciones del servicio fijo convencional

1 Introducción

Para el servicio fijo que utiliza HAPS, la CMR-2000 decidió permitir el uso de la banda 27,5-28,35 GHz para el enlace descendente (sentido HAPS-tierra) y de la banda 31,0-31,3 GHz para el enlace ascendente (sentido tierra-HAPS) en los países interesados, con la condición de no causar interferencia perjudicial ni reclamar protección (números 5.537A y 5.543A del RR). Dado que estas bandas están atribuidas a título primario al servicio fijo, el servicio fijo basado en HAPS debe compartir esas bandas con otros sistemas del servicio fijo.

Entre algunas de las posibles técnicas de reducción de la interferencia, ADC es una fuerte candidata para facilitar la compartición entre esos servicios. Este Anexo presenta el estado actual de los estudios sobre la posibilidad de introducir ADC en el servicio fijo basado en HAPS para lograr la compartición con otros sistemas del servicio fijo convencionales. Los estudios se centran en la viabilidad de la detección de las portadoras del servicio fijo en el sistema HAPS. Cuando el sistema del servicio fijo convencional, se considera FWA punto a multipunto (P-MP).

2 Trayectos con interferencia y detección de portadora para ADC

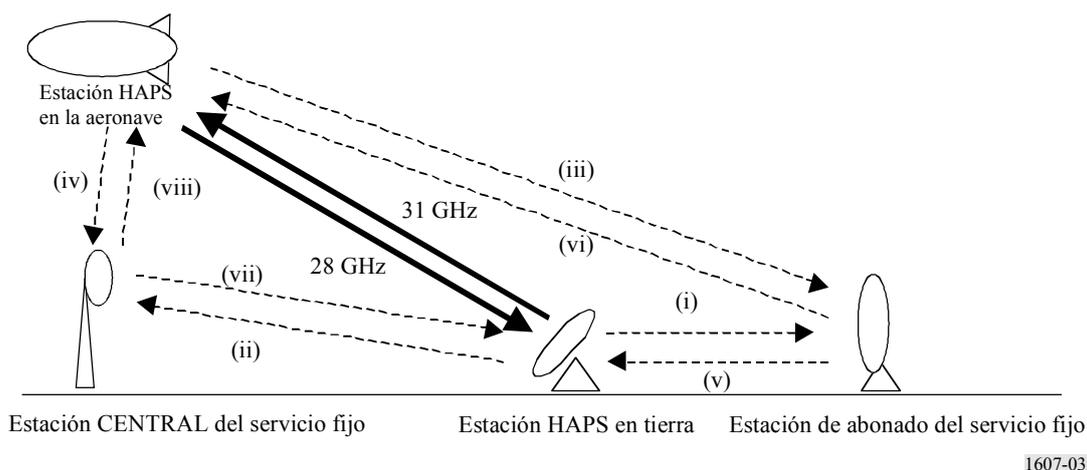
Existen los siguientes trayectos con interferencia entre los sistemas del servicio fijo basado en HAPS y el servicio fijo P-MP que comparten la banda de 28 GHz o la banda de 31 GHz (véase la Fig. 3).

- (i) interferencia de la estación HAPS en tierra a la estación de abonado del servicio fijo (31 GHz);
- (ii) interferencia de la estación HAPS en tierra a la estación CENTRAL del servicio fijo (31 GHz);
- (iii) interferencia de la estación HAPS en la aeronave a la estación de abonado del servicio fijo (28 GHz);

- (iv) interferencia de la estación HAPS en la aeronave a la estación CENTRAL del servicio fijo (28 GHz);
- (v) interferencia de la estación de abonado del servicio fijo a la estación HAPS en tierra (28 GHz);
- (vi) interferencia de la estación de abonado del servicio fijo a la estación HAPS en la aeronave (31 GHz);
- (vii) interferencia de la estación CENTRAL del servicio fijo a la estación HAPS en tierra (28 GHz);
- (viii) interferencia de la estación CENTRAL del servicio fijo a la estación HAPS en la aeronave (31 GHz).

NOTA 1 – HAPS GS: Estación HAPS en tierra
 HAPS AS: Estación HAPS en aeronave
 FS SUB: Estación de abonado del servicio fijo
 FS HUB: Estación central del servicio fijo.

FIGURA 3
 Trayectos con interferencia



1607-03

En este Anexo se tratan los trayectos (i), (ii), (iii) y (iv), que podrían repercutir seriamente sobre las estaciones del servicio fijo convencional. La interferencia en otros trayectos será tratada en estudios ulteriores. No obstante, los trayectos (v) a (viii) podrán ser fácilmente gestionados en el sistema HAPS mediante un sistema de asignación de canales que evite aquellos en los que se detecta interferencia en las estaciones del sistema HAPS.

A fin de utilizar ADC en el sistema HAPS, en primer lugar, este sistema debe detectar los canales que están siendo utilizados por otro sistema del servicio fijo. A continuación, el sistema HAPS puede evitar interferir al sistema del servicio fijo o ser interferido por el mismo asignando canales que no están siendo utilizados por el sistema del servicio fijo. Hay dos opciones para detectar los canales en uso por el sistema del servicio fijo, suponiendo que el sistema HAPS no tiene ninguna información previa sobre los canales:

- La estación HAPS en tierra detecta las portadoras transmitidas por la estación de abonado del servicio fijo o la estación CENTRAL del servicio fijo.
- La estación HAPS en la aeronave detecta las portadoras transmitidas por la estación CENTRAL del servicio fijo o la estación de abonado del servicio fijo.

Sin embargo, la detección podría no ser fácil, en particular cuando los trayectos con interferencia son del tipo (i) y (ii) y el sistema del servicio fijo usa dúplex por división de frecuencia (DDF). En algunos casos la estación HAPS en tierra podría provocar una fuerte interferencia a una estación del servicio fijo aunque ni la estación HAPS en la aeronave ni la estación HAPS en tierra detecten ninguna portadora en uso por la estación del servicio fijo ya que tanto el sistema HAPS como el sistema del servicio fijo emplean antenas directivas con los lóbulos laterales reducidos en alta frecuencia. El sistema HAPS podría detectar canales utilizados por el sistema del servicio fijo sólo cuando este último emplea dúplex por división en el tiempo (DDT) o cuando el sistema HAPS conoce los pares de canales utilizados para el DDF por el sistema del servicio fijo.

3 Metodología de cálculo y parámetros del sistema supuestos

Los niveles de detección de la señal del servicio fijo en las estaciones HAPS en tierra y en la aeronave se calculan mediante las fórmulas:

$$P_{GS} = P_{FSTX} + G_{FSTX}(a_{GS}) - L(d_{FS-GS}) + G_{GSRX}(a_{FS}) - L_{GSRX} - 10 \log B_{FS} \quad \text{dB(W/MHz)} \quad (1)$$

$$P_{AS} = P_{FSTX} + G_{FSTX}(a_{AS}) - L(d_{FS-AS}) - L_{atm}(h, \theta) + G_{ASRX}(a_{FS}) - L_{ASRX} - 10 \log B_{FS} \quad \text{dB(W/MHz)} \quad (2)$$

donde:

- P_{GS} : potencia de recepción de la estación HAPS en tierra (dBW)
- P_{AS} : potencia de recepción de la estación HAPS en la aeronave (dBW)
- P_{FSTX} : potencia de transmisión en la estación del servicio fijo (CENTRAL o de abonado) (dBW)
- $G_{FSTX}(a)$: ganancia de la antena transmisora de la estación del servicio fijo en el ángulo a con respecto al eje de puntería (dBi)
- a_{GS} : ángulo con relación al eje entre la estación del servicio fijo y la estación HAPS en tierra (grados)
- a_{AS} : ángulo con relación al eje entre la estación del servicio fijo y la estación HAPS en la aeronave (grados)
- $L(d)$: pérdidas en el espacio libre para la distancia d (dB)
- $L_{atm}(h, \theta)$: pérdidas por absorción atmosférica para la altitud h de la estación del servicio fijo y un ángulo de elevación θ (dB)
- d_{FS-GS} : distancia entre la estación del servicio fijo y la estación HAPS en tierra (km)
- d_{FS-AS} : distancia entre la estación del servicio fijo y la estación HAPS en la aeronave (km)
- $G_{GSRX}(a)$: ganancia de la antena receptora de la estación HAPS en tierra en el ángulo a con respecto al eje de puntería (dBi)
- $G_{ASRX}(a)$: ganancia de la antena receptora de la estación HAPS en la aeronave en el ángulo a con respecto al eje de puntería (dBi)
- a_{FS} : ángulo con respecto al eje entre la estación HAPS en tierra o en la aeronave y la estación del servicio fijo (grados)
- L_{GSRX} : pérdidas internas en el receptor de la estación HAPS en tierra (dB)
- L_{ASRX} : pérdidas internas en el receptor de la estación HAPS en la aeronave (dB)
- B_{FS} : anchura de banda de la señal del servicio fijo (MHz).

Se calcula el nivel de ruido alzado por la detección de las señales del servicio fijo en los receptores de las estaciones HAPS en tierra y en la aeronave como sigue:

$$\Delta N_{GS} = 10 \log \left(10^{\frac{P_{GS}}{10}} + 10^{\frac{N_{GS}}{10}} \right) - N_{GS} \quad \text{dB} \quad (3)$$

$$\Delta N_{AS} = 10 \log \left(10^{\frac{P_{AS}}{10}} + 10^{\frac{N_{AS}}{10}} \right) - N_{AS} \quad \text{dB} \quad (4)$$

donde:

- ΔN_{GS} : nivel de ruido alzado en el receptor de la estación HAPS en tierra (dB)
- ΔN_{AS} : nivel de ruido alzado en el receptor de la estación HAPS en la aeronave (dB)
- N_{GS} : densidad de potencia de ruido del sistema en el receptor de la estación HAPS en tierra (dB(W/MHz))
- N_{AS} : densidad de potencia de ruido del sistema en el receptor de la estación HAPS en la aeronave (dB(W/MHz)).

La potencia de la interferencia causada por la estación HAPS en tierra a la estación del servicio fijo se calcula como sigue:

$$I_{FS} = P_{GSTX} + G_{GSTX}(a_{FS}) - L(d_{GS-FS}) + G_{FSRX}(a_{GS}) - L_{FSRX} - 10 \log B_{FS} \quad \text{dB(W/MHz)} \quad (5)$$

donde:

- I_{FS} : potencia de la interferencia recibida en la estación del servicio fijo (CENTRAL o de abonado) (dBW)
- P_{GSTX} : potencia de transmisión de la estación HAPS en tierra (dBW)
- $G_{GSTX}(a)$: ganancia de la antena transmisora de la estación HAPS en tierra en el ángulo a con respecto al eje de puntería (dBi)
- $G_{FSRX}(a)$: ganancia de la antena receptora de la estación del servicio fijo en el ángulo a con respecto al eje de puntería (dBi)
- L_{FSRX} : pérdidas internas en el receptor de la estación del servicio fijo (dB).

La I/N (relación de potencias entre la interferencia y el ruido) en la estación del servicio fijo está dada por:

$$I/N = I_{FS} - N_{FS} \quad \text{dB} \quad (6)$$

donde:

- N_{FS} : densidad de potencia de ruido en el receptor de la estación del servicio fijo (CENTRAL o de abonado) (dB(W/MHz)).

Se supone que las pérdidas internas en los receptores de las estaciones HAPS en tierra y en la aeronave y de las estaciones del servicio fijo son de 0,5 dB. La pérdida por absorción atmosférica $L_{atm}(h, \theta)$ entre las estaciones del servicio fijo y las estaciones HAPS en la aeronave puede calcularse mediante las ecuaciones que aparecen en el Anexo 1 a la Recomendación UIT-R F.1609.

En el Cuadro 2 se muestran los parámetros principales del sistema del servicio fijo que se utilizan en el cálculo. Los parámetros del sistema HAPS se muestran en el Cuadro 5 b) de la Recomendación UIT-R F.1569. Los parámetros de ejemplo del sistema del servicio fijo (P-MP) incluyen una potencia de transmisión relativamente baja a fin de evaluar la posibilidad de detectar las señales del servicio fijo en las estaciones del sistema HAPS sometidas a las condiciones más desfavorables. En la Fig. 4 se muestra el diagrama de antena sectorial de la estación CENTRAL del servicio fijo empleada en este estudio. El diagrama de elevación se calcula a partir del método dado en la Recomendación UIT-R F.1336-1 y el diagrama del acimut se obtiene provisionalmente a partir de un diagrama de contorno del diagrama que aparece en la Fig.15 del Anexo 3 a la Recomendación UIT-R F.1336-1. En este estudio, se supone que la altura de la antena de las estaciones CENTRAL y de abonado del servicio fijo es de cero metros con respecto al suelo. La evaluación de la estación de abonado del servicio fijo con algunos ángulos de elevación podrá ser incluida en un estudio ulterior.

CUADRO 2

Parámetros del sistema del servicio fijo P-MP

Frecuencia	GHz	31,15
Altitud de las estaciones CENTRAL y de abonado del servicio fijo	km	0
Anchura de banda	MHz	26
<i>Estación CENTRAL del servicio fijo</i>		
Potencia de transmisión	dBW	-4
Ganancia de la antena de transmisión	dBi	15
Ganancia de la antena de recepción	dBi	15
Factor de ruido	dB	6
Diagrama de la antena de referencia	Recomendación UIT-R F.1336	
<i>Estación de abonado del servicio fijo</i>		
Potencia de transmisión	dBW	-20
Ganancia de la antena de transmisión	dBi	32
Ganancia de la antena de recepción	dBi	32
Factor de ruido	dB	6
Diagrama de la antena de referencia	Recomendación UIT-R F.1245	

4 Resultados del cálculo

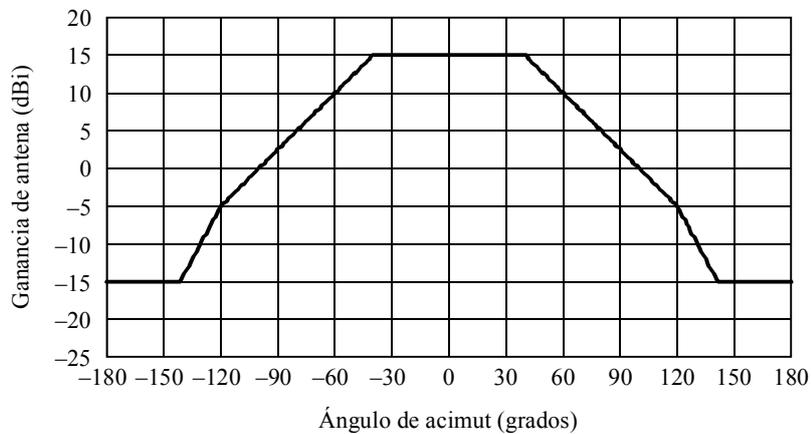
En el cálculo, se suponen tres casos de ubicación geográfica típica de estaciones HAPS y del servicio fijo de acuerdo con el emplazamiento relativo de las estaciones del servicio fijo según se muestra en la Fig. 5, donde G_a , G_b , G_c y G_d representan la ubicación típica de las estaciones HAPS en tierra y F_o , F_a , F_b y F_c representan la ubicación típica de las estaciones CENTRAL y de abonado del servicio fijo. La distancia entre las estaciones de abonado y CENTRAL del servicio fijo y aquella entre F_o y el nadir de la estación HAPS en la aeronave se fija en 2 km y 50 km, respectivamente. En esos casos, la estación HAPS en tierra está a punto de transmitir una señal a la estación HAPS en la aeronave o la estación HAPS en la aeronave está a punto de transmitir una señal a la estación HAPS en tierra y la estación HAPS en tierra o la estación HAPS en la aeronave

supervisa los canales en uso por el sistema del servicio fijo. Si la estación HAPS en tierra o la estación HAPS en la aeronave pueden detectar los canales en uso, el sistema HAPS puede buscar otros canales que no están siendo utilizados y puede asignar el canal que será empleado por el sistema HAPS a fin de evitar interferencia al sistema del servicio fijo.

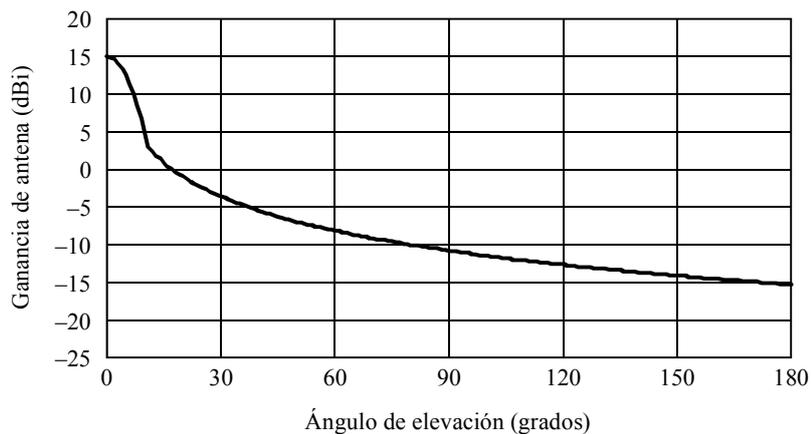
En el siguiente cálculo se examina el nivel de detección de la señal transmitida por la estación CENTRAL del servicio fijo o la estación de abonado del servicio fijo y el nivel de interferencia esperado que sufrirá el receptor de las estaciones CENTRAL de abonado del servicio fijo, en términos de la distancia entre F_0 y la estación HAPS en tierra. El umbral de detección de la señal se supone que es 1 dB en el nivel de ruido alzado en el receptor de las estaciones HAPS en tierra o en la aeronave y se supone que el criterio de interferencia para el sistema del servicio fijo es $I/N = -10$ dB.

FIGURA 4

Diagramas de la antena sectorial para la estación CENTRAL del servicio fijo utilizada en este estudio

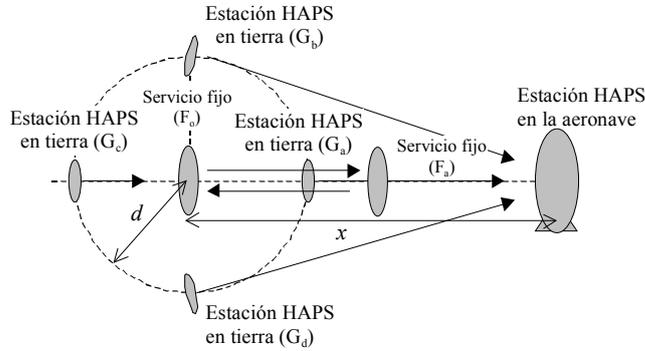


a) Diagrama del acimut (Fig. 15 del Anexo 3 a la Recomendación UIT-R F.1336-1)

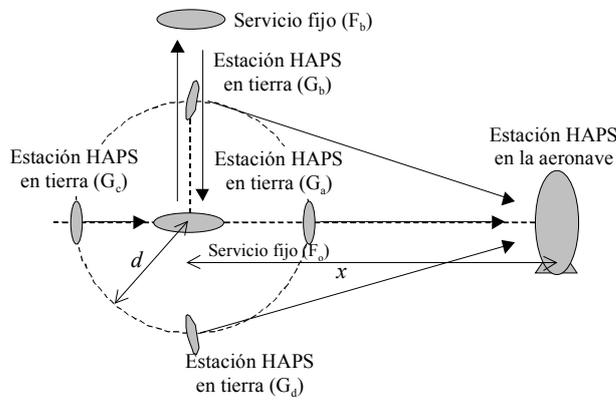


b) Diagrama de elevación (Fig. 16 del Anexo 3 a la Recomendación UIT-R F.1336-1)

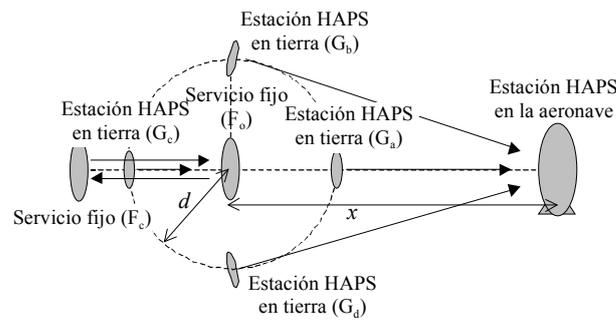
FIGURA 5
Ubicación geográfica típica de las HAPS y las estaciones del servicio fijo
(vistas en planta)



a) Caso 1



b) Caso 2



c) Caso 3

Nota – F_o, F_a, F_b, F_c : ubicación de las estaciones del servicio fijo
 G_a, G_b, G_c, G_d : ubicación de las estaciones HAPS en tierra
 d : distancia entre F_o y las estaciones HAPS en tierra
 x : distancia en el suelo entre la estación en la aeronave y la estación del servicio fijo (F_o)

a) Caso 1

En las Figs. 6A y 6B se muestra el resultado calculado en el Caso 1 cuando la estación de abonado del servicio fijo o la estación CENTRAL del servicio fijo están situadas en F_o o F_a . Estas Figuras muestran las siguientes características.

- Cuando la estación de abonado del servicio fijo y la estación CENTRAL del servicio fijo están ubicadas en F_a y F_o , respectivamente (véase la Fig. 6A), la estación de abonado del servicio fijo recibe una interferencia considerable de las estaciones HAPS en tierra situadas en G_a y G_c (véase la Fig. 6A c)).
- No obstante, sólo la estación HAPS en tierra emplazada en G_a puede detectar la señal de la estación CENTRAL del servicio fijo siempre que $d > 1$ km y puede que no sea factible la ADC (véase la Fig. 6A a)).
- También puede resultar muy difícil la detección de la señal en la estación HAPS en la aeronave.
- Si el sistema del servicio fijo usa DDT o el sistema HAPS conoce uno de los pares de canales de la señal de la estación de abonado del servicio fijo en el enlace ascendente del sistema del servicio fijo que utiliza DDF, el sistema HAPS puede conseguir la información del canal de la señal de la estación CENTRAL del servicio fijo en el enlace descendente al detectar la señal de la estación de abonado del servicio fijo. En la Fig. 6A b) se muestra que las estaciones HAPS en tierra situadas en G_a y G_c pueden detectar la señal de la estación de abonado del servicio fijo, que son casi las mismas que las que producen interferencia a la estación de abonado del servicio fijo, y que podría ser factible la ADC.
- Casi la misma situación tiene lugar en la Fig. 6B, que muestra el resultado cuando las estaciones de abonado y CENTRAL del servicio fijo están ubicadas en F_o y F_a , respectivamente.
- Puede que la estación HAPS en la aeronave no cause interferencia a ninguna de ambas estaciones CENTRAL y de abonado del servicio fijo en las Figs. 6A c) y 6B c).

FIGURA 6A

Estación CENTRAL del servicio fijo ubicada en F_0 y estación de abonado del servicio fijo ubicada en F_a para el Caso 1 ($F_x = F_a$)

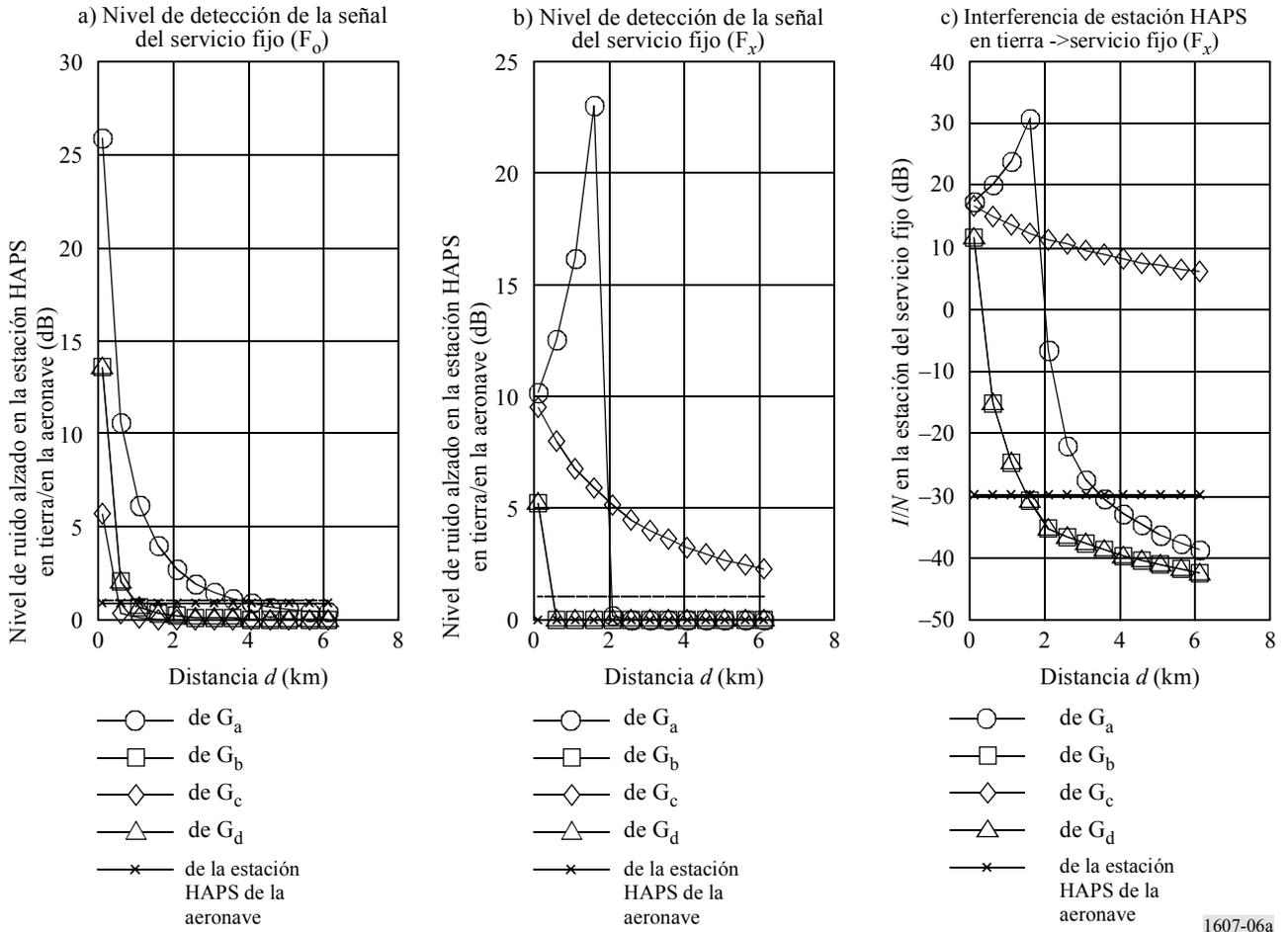
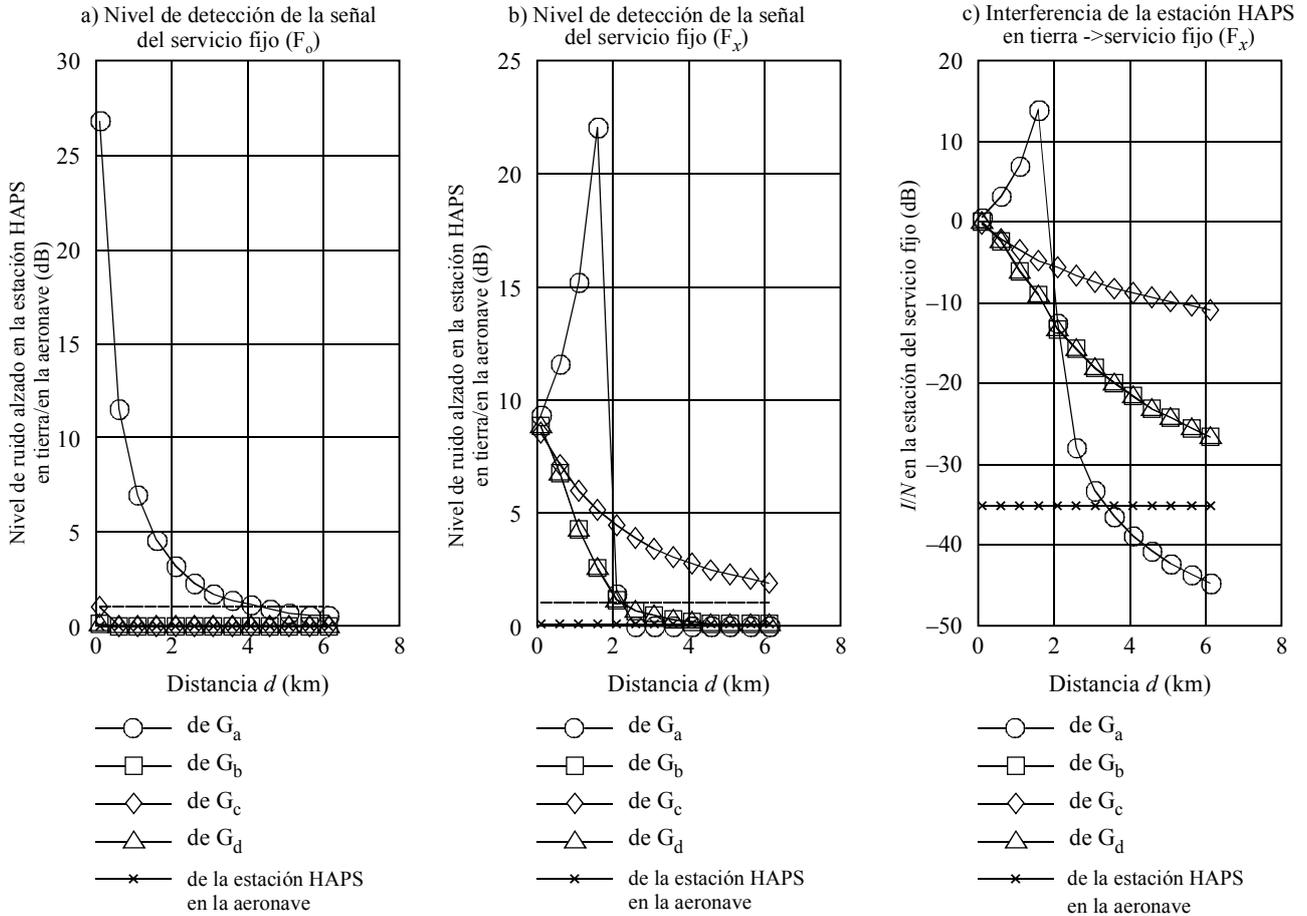


FIGURA 6B

Estación de abonado del servicio fijo ubicada en F_0 y estación CENTRAL del servicio fijo ubicada en F_a para el Caso 1 ($F_x = F_a$)



1607-06b

b) Caso 2

En las Figs. 7A y 7B se muestra el resultado calculado para el Caso 2 cuando la estación de abonado del servicio fijo o la estación CENTRAL del servicio fijo se encuentran en F_0 o F_b . Estas Figuras muestran las siguientes características.

- Cuando las estaciones CENTRAL y de abonado del servicio fijo están ubicadas en F_0 y F_b , respectivamente (véase la Fig. 7A), la estación de abonado del servicio fijo es interferida por las estaciones HAPS en tierra situadas en G_b y G_d (véase la Fig. 7A c)).
- No obstante, las estaciones HAPS en tierra situadas en G_b y G_c pueden detectar la señal de la estación de abonado del servicio fijo siempre que $d > 1$ km y puede que no sea factible la ADC (véase la Fig. 7A a)).
- También puede resultar muy difícil la detección de la señal en la estación HAPS en la aeronave.
- Si el sistema del servicio fijo usa DDT o el sistema HAPS conoce uno de los pares de canales de la señal de la estación de abonado del servicio fijo en el enlace ascendente del sistema del servicio fijo que utiliza DDF, el sistema HAPS puede conseguir la información del canal de la señal de la estación CENTRAL del servicio fijo en el enlace descendente al detectar la señal de la estación de abonado del servicio fijo. En la Fig. 7A b) se muestra que la estación HAPS en tierra ubicada en G_b puede detectar la señal de la estación de abonado del servicio fijo y también la estación HAPS en tierra ubicada en G_d puede detectarla

cuando $d < 2$ km. Por consiguiente, es factible la ADC cuando $d < 2$ km. Para $d > 2$ km, necesita reducirse la ganancia de la antena transmisora con respecto al eje de la estación HAPS en tierra al menos en aproximadamente 15 dB o es preciso disminuir el umbral de detección de la portadora en la estación HAPS en tierra hasta aproximadamente 0,3 dB para lograr que esté disponible la ADC.

— Cuando las estaciones CENTRAL y de abonado del servicio fijo están ubicadas en F_b y F_o , respectivamente (véase la Fig. 7B), sólo la estación HAPS en tierra situada en G_b interfiere a la estación CENTRAL del servicio fijo y la estación HAPS en tierra situada en G_b puede detectar ambas señales de las estaciones CENTRAL y de abonado del servicio fijo. Por consiguiente podría ser factible la ADC.

Puede que la estación HAPS en la aeronave no cause interferencia a ninguna de ambas estaciones CENTRAL y de abonado del servicio fijo en las Figs. 7A c) y 7B c).

FIGURA 7A

Estación CENTRAL del servicio fijo ubicada en F_o y estación de abonado del servicio fijo ubicada en F_b para el Caso 2 ($F_x = F_b$)

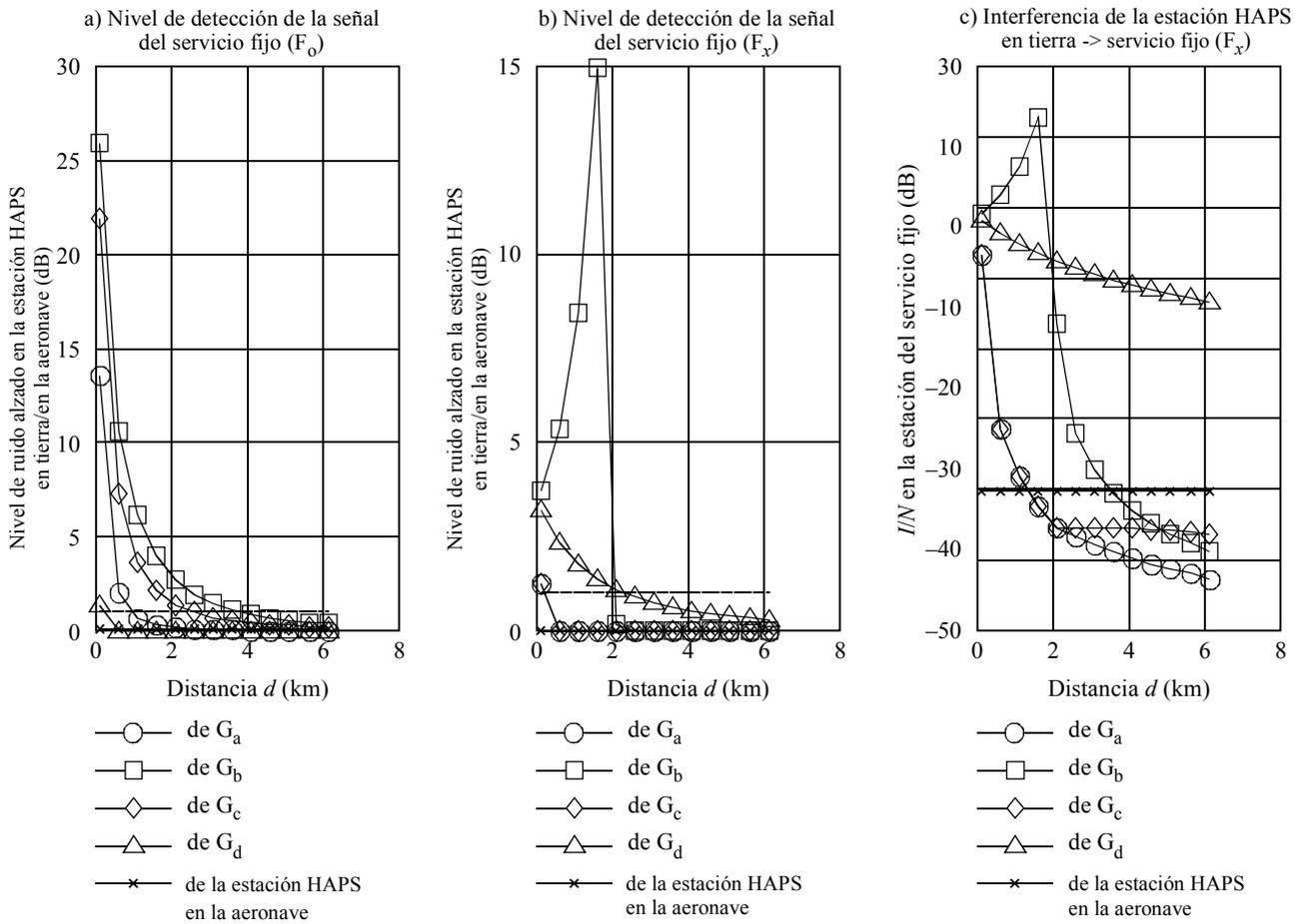
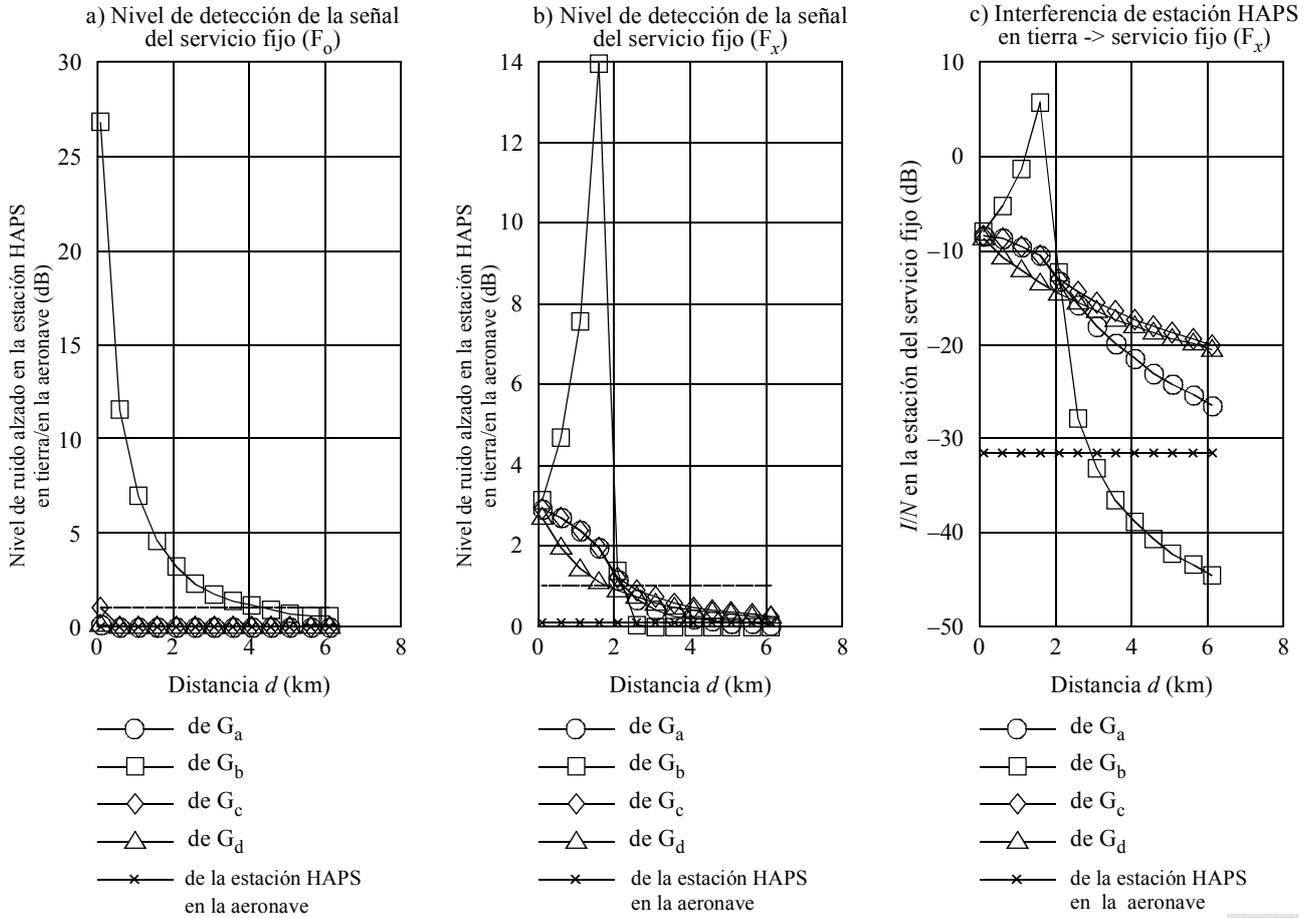


FIGURA 7B

Estación de abonado del servicio fijo ubicada en F_0 y estación CENTRAL del servicio fijo ubicada en F_b para el Caso 2 ($F_x = F_b$)



1607-07b

c) Caso 3

En las Figs. 8A y 8B se muestra el resultado calculado para el Caso 3 cuando la estación del abonado del servicio fijo o la estación CENTRAL del servicio fijo están situadas en F_0 o F_c . Estas Figuras muestran las siguientes características.

- Cuando las estaciones de abonado y CENTRAL del servicio fijo están ubicadas en F_c y F_0 , respectivamente (véase la Fig. 8A), la estación de abonado del servicio fijo recibe una interferencia considerable de las estaciones HAPS en tierra situadas en G_a y G_c (véase la Fig. 8A c)).
- No obstante, sólo la estación HAPS en tierra ubicada en G_c puede detectar la señal de la estación CENTRAL del servicio fijo siempre que $d > 1$ km y puede que no sea factible la ADC (véase la Fig. 8A a)).
- También puede resultar muy difícil la detección de la señal en la estación HAPS en la aeronave.
- Si el sistema del servicio fijo usa DDT o el sistema HAPS conoce uno de los pares de canales de la señal de la estación de abonado del servicio fijo en el enlace ascendente del sistema del servicio fijo que utiliza DDF, el sistema HAPS puede conseguir la información del canal de la señal de la estación CENTRAL del servicio fijo en el enlace descendente al detectar la señal de la estación de abonado del servicio fijo. En la Fig. 8A b) se muestra que las estaciones HAPS en tierra situadas en G_a y G_c pueden detectar la señal de la estación de

abonado del servicio fijo cuando $d < 2$ km, pero no cuando $d > 2$ km. Por consiguiente, la ADC es factible cuando $d < 2$ km. Para $d > 2$ km, necesita reducirse la ganancia de la antena transmisora con respecto al eje de la estación HAPS en tierra al menos en aproximadamente 15 dB o es preciso disminuir el umbral de detección de la portadora en la estación HAPS en tierra hasta aproximadamente 0,3 dB para lograr que esté disponible la ADC.

- Cuando las estaciones CENTRAL y de abonado del servicio fijo están ubicadas en F_c y F_o , respectivamente (véase la Fig. 8B), las estaciones HAPS en tierra situadas en G_b , G_c y G_d interfieren a la estación CENTRAL del servicio fijo y la estación HAPS en tierra en cualquier ubicación puede detectar ambas señales de la estación CENTRAL del servicio fijo. Por consiguiente, podría ser factible la ADC.
- Puede que la estación HAPS en la aeronave no cause interferencia a ninguna de ambas estaciones CENTRAL y de abonado del servicio fijo en las Figs. 8A c) y 8B c).

FIGURA 8A

Estación CENTRAL del servicio fijo ubicada en F_o y estación de abonado del servicio fijo ubicada en F_c para el Caso 3 ($F_x = F_c$)

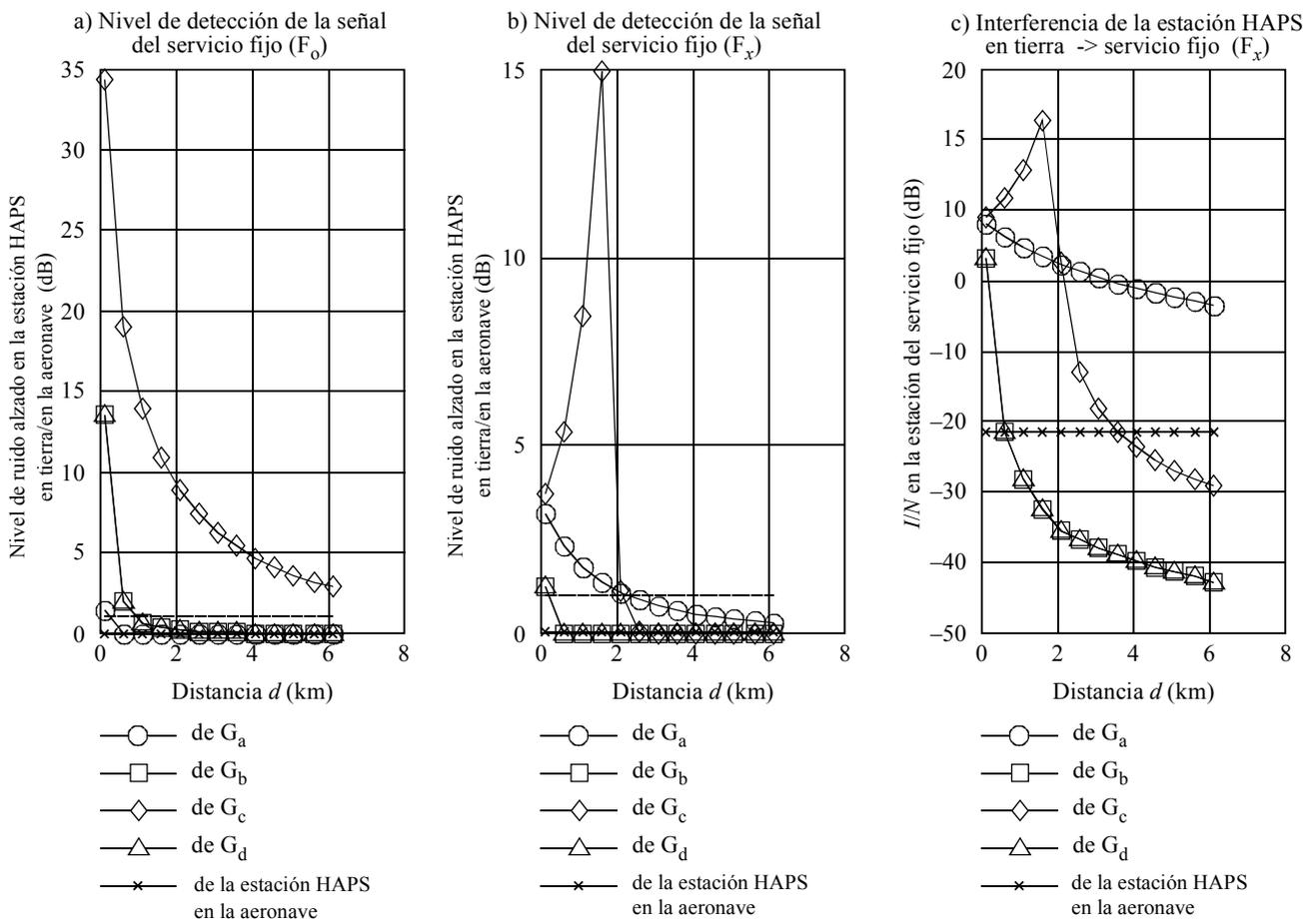
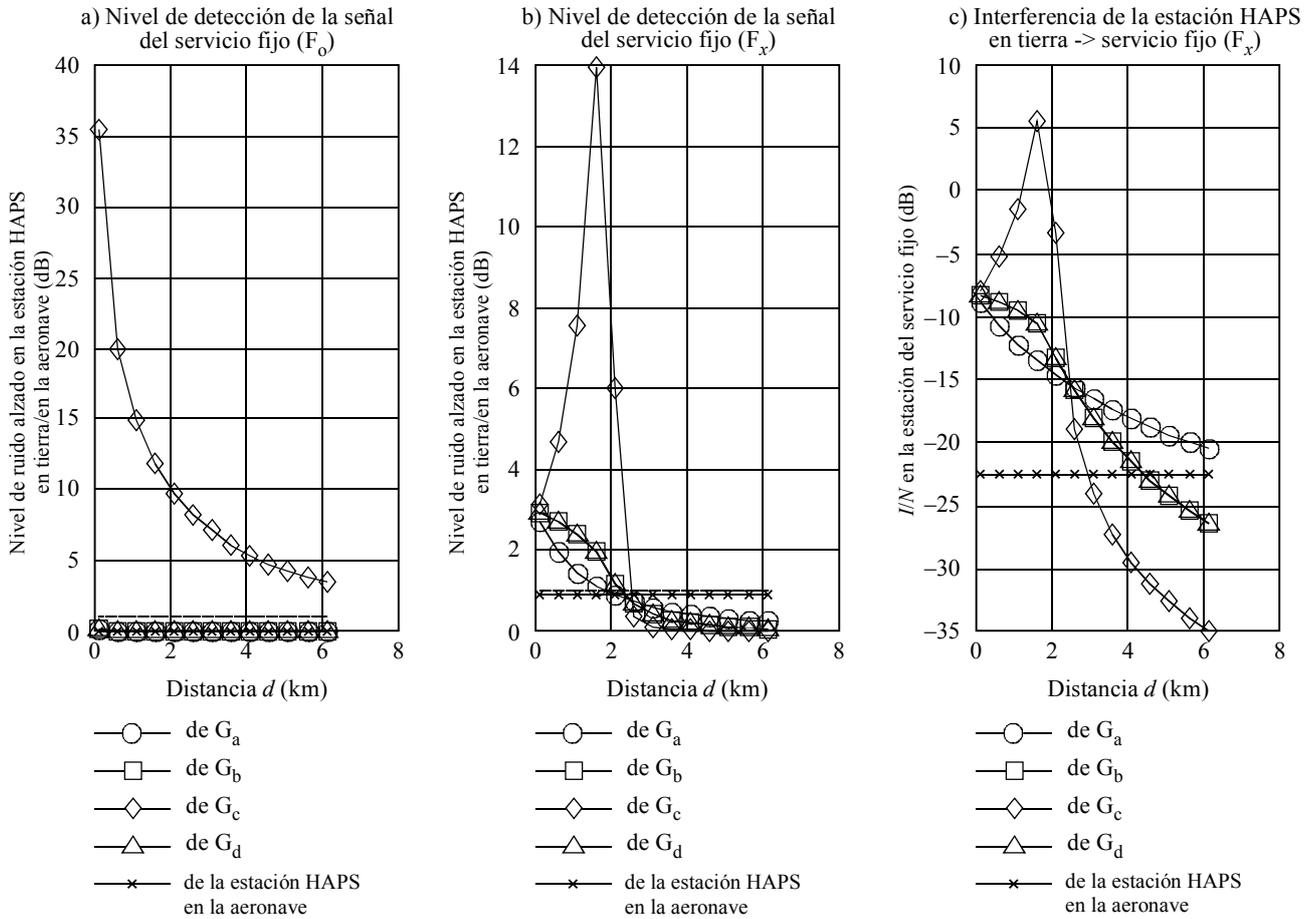


FIGURA 8B

Estación de abonado del servicio fijo ubicada en F_o y estación CENTRAL del servicio fijo ubicada en F_c para el Caso 3 ($F_x = F_c$)



1607-08b

5 Resumen

La técnica de ADC para evitar la interferencia causada por las estaciones HAPS en tierra a las estaciones del servicio fijo en la banda de 31 GHz podría ser viable en la mayoría de los diagramas de ubicación de estaciones en los sistemas HAPS y del servicio fijo, si la estación HAPS en tierra tiene una función de detección de la portadora que está siendo utilizada por el sistema del servicio fijo. La antena y el receptor para la detección de la portadora en la estación HAPS en tierra pueden compartirse con los del enlace de comunicaciones HAPS. Se ha observado que la detección de la portadora en la estación HAPS en la aeronave no es práctica cuando la estación HAPS en tierra puede interferir a las estaciones del servicio fijo. También se encontraron algunos casos en los que la estación HAPS en tierra no puede detectar la señal del servicio fijo e interfiere al receptor de la estación del servicio fijo. La interferencia podría evitarse utilizando un diagrama de antena mejorado en la estación HAPS en tierra con los lóbulos laterales y posteriores reducidos al menos en 15 dB o disminuyendo el umbral de detección de la portadora aproximadamente a 0,3 dB. Este umbral de detección de la portadora podría aumentarse y relajarse si los lóbulos laterales y posteriores del diagrama de antena en la estación HAPS en tierra se elevan varios dB. Puede que la estación HAPS en la aeronave no provoque una interferencia considerable a ninguna de ambas estaciones CENTRAL y de abonado del servicio fijo bajo ninguna hipótesis de ubicación, de modo que sea viable la compartición entre ellas sin utilizar técnicas especiales.