

UIT-R

Sector de Radiocomunicaciones de la UIT

Recomendación UIT-R F.1612
(02/2003)

Evaluación de la interferencia del servicio fijo que utiliza estaciones situadas en plataformas a gran altitud para proteger el servicio de radioastronomía contra las transmisiones de los enlaces ascendentes de los sistemas de estaciones situadas en plataformas a gran altitud en la banda 31,3-31,8 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. 1612*

Evaluación de la interferencia del servicio fijo que utiliza estaciones situadas en plataformas a gran altitud para proteger el servicio de radioastronomía contra las transmisiones de los enlaces ascendentes de los sistemas de estaciones situadas en plataformas a gran altitud en la banda 31,3-31,8 GHz

(Cuestión UIT-R 230/9)

(2003)

Cometido

La presente Recomendación trata sobre la evaluación de la interferencia procedente de las emisiones no deseadas de los enlaces ascendentes de los sistemas de estaciones situadas en plataformas a gran altitud (HAPS) del servicio fijo en la banda 31,3-31,8 GHz para proteger las estaciones del servicio de radioastronomía (SRA). En los Anexos 1 a 3 aparecen los parámetros típicos de la estación del SRA víctima y de las estaciones HAPS en el suelo interferentes, los modelos de propagación para efectuar la evaluación y la repercusión de la interferencia haciendo uso de los parámetros típicos.

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;
- b) que es necesario proteger adecuadamente al SRA, al SETS (pasivo) y al servicio de investigación espacial (pasivo) en la banda 31,3-31,8 GHz teniendo en cuenta los criterios de interferencia indicados en las Recomendaciones UIT-R pertinentes,

reconociendo

- a) que las bandas 27,9-28,2 GHz y 31,0-31,3 GHz también pueden ser utilizadas por las HAPS en el servicio fijo en ciertos países bajo la condición de no causar interferencia perjudicial ni solicitar protección contra la interferencia,

recomienda

- 1 que se emplee la metodología de los Anexos 1, 2 y 3 para evaluar la interferencia producida por los enlaces ascendentes HAPS al SRA en la banda de frecuencias 31,3-31,8 GHz;
- 2 que se elija la ubicación de las aeronaves HAPS y las estaciones HAPS en el suelo en relación con las estaciones del SRA de forma que se proteja a estas últimas contra las emisiones no deseadas de los enlaces ascendentes HAPS en la banda 31,3-31,8 GHz;

* La Comisión de Estudio 5 de Radiocomunicaciones introdujo cambios de edición en la presente Recomendación en diciembre de 2009, de conformidad con la Resolución UIT-R 1.

3 que a fin de proteger las estaciones del SRA contra las emisiones no deseadas procedentes de los enlaces ascendentes HAPS en la banda 31,3-31,8 GHz, se excluyan de la zona de servicio del servicio fijo que emplea HAPS una o más células de haz puntual alrededor de una estación del SRA.

4 que la Recomendación UIT-R F.1569 que contiene los parámetros típicos que describen el sistema HAPS se utilice para evaluar la repercusión de las emisiones no deseadas sobre el SRA en la banda de 31 GHz.

NOTA 1 – Es necesario considerar la interferencia combinada del servicio fijo, incluidos los HAPS.

Anexo 1

Parámetros característicos del SRA y modelo que debe utilizarse para evaluar la repercusión de la estación HAPS en el suelo sobre la estación del SRA

1 Parámetros de transmisión en el enlace ascendente del sistema HAPS

Los parámetros relativos a los sistemas HAPS se basan en la Recomendación UIT-R F.1569 (altitud: 20-25 km, mínimo ángulo de elevación operacional: 20°, y en condiciones de lluvia). La huella formada por un haz puntual recibe el nombre de célula. En este estudio se adopta un factor de reutilización de frecuencias de cuatro, es decir, la banda de frecuencias disponible de 300 MHz (31,0-31,3 GHz) se divide en cuatro subbandas iguales de 75 MHz que se utilizan simultáneamente para transmitir por los enlaces ascendentes a células múltiples. En el enlace ascendente se adopta un esquema de control automático de potencia, en el cual la potencia aumenta o disminuye en 6 dB, según las condiciones atmosféricas.

El nivel de emisiones fuera de banda empleado en este estudio para un enlace ascendente HAPS es de -100 dB(W/MHz) en condiciones de lluvia, y se supone que se utiliza control automático de potencia de transmisión en el enlace ascendente. En el § 11 de la Recomendación UIT-R F.1569 se describe la obtención del nivel de emisión fuera de banda.

2 Parámetros de las antenas del SRA

Los parámetros de las antenas del SRA utilizadas en este estudio se muestran en el Cuadro 1. Se supone que la antena del SRA apunta al acimut de la estación HAPS en el suelo, con el mínimo ángulo de elevación operacional para ese radiotelescopio particular. La ganancia de la antena de recepción para la interferencia se calcula mediante la Recomendación UIT-R SA.509 para un ángulo de separación de más de 1° entre la dirección del eje de puntería de la antena del SRA y la dirección de la llegada de la señal interferente.

CUADRO 1

Parámetros de las antenas del SRA utilizadas en este estudio

	$G_{m\acute{a}x}$ (dBi)	Diámetro (m)	Altitud (km)	Mínimo ángulo de elevación operacional (grados)
Nobeyama (Japón)	81,2	45	1,35	15
Taeduk (Corea)	70,9	13,7	0,12	15
Delingha (China)	70,9	13,7	3,2	5

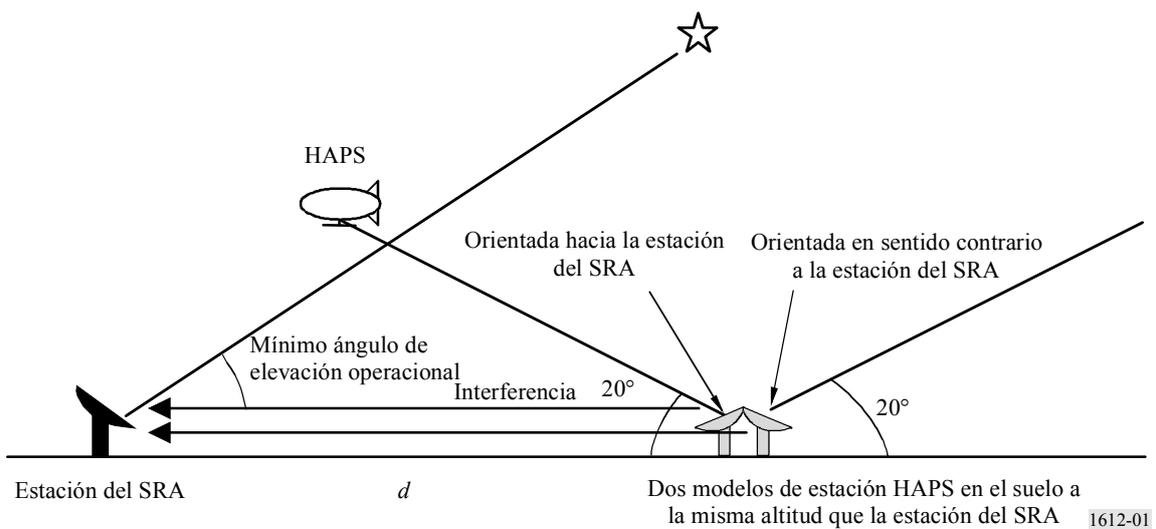
3 Modelo de evaluación de la interferencia

3.1 Interferencia procedente de una sola fuente

En la Fig. 1 se muestra el modelo de evaluación de la interferencia para una estación HAPS en el suelo y una estación del SRA. Se supone que la estación HAPS está ubicada en el mismo plano que la estación del SRA. Se consideran dos situaciones relativas a la dirección del eje de puntería de la antena de la estación HAPS en el suelo. En la primera, la antena de la estación HAPS en el suelo está orientada hacia la estación del SRA en acimut (caso más desfavorable en la hipótesis de interferencia procedente de una sola fuente) y en la segunda, la antena está dirigida a un acimut alejado 180° de la dirección de la estación del SRA. En ambos casos se supone que la antena del SRA funciona con el mínimo ángulo de elevación operacional.

FIGURA 1

Interferencia causada por una estación HAPS en el suelo a una estación del SRA (caso de interferencia procedente de una sola fuente)



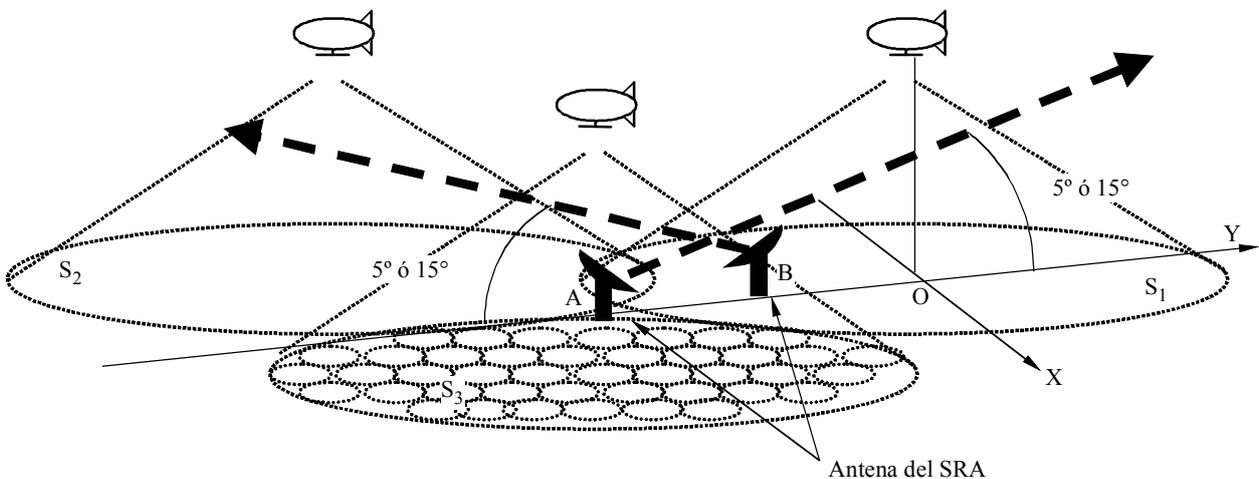
3.2 Interferencia combinada causada por múltiples estaciones HAPS

Como se ilustra en la Fig. 2, se utilizan los siguientes modelos y suposiciones para evaluar la interferencia combinada:

- se ubican cuatro estaciones HAPS en el suelo en el centro de cada célula de servicio y todas las antenas apuntan a la aeronave HAPS correspondiente (anchura de banda total de 300 MHz (31,0-31,3 GHz), se suponen un factor de reutilización de frecuencias de cuatro veces y una anchura de banda de la señal de 20 MHz);
- la interferencia combinada se obtiene sumando un parámetro definido como la «dfp de la interferencia recibida en una estación del SRA» más «la ganancia de la estación del SRA receptora para la interferencia» para todas las estaciones HAPS en el suelo (= 367 células × 4 estaciones × 3 zonas de servicio HAPS);
- se supone una potencia de emisión fuera de banda de -100 dB(W/MHz) de cada estación HAPS en el suelo;
- la antena del SRA está ubicada entre la línea divisoria (A) de las tres zonas de servicio HAPS y el punto nadir O;
- la antena del SRA ubicada en el punto B está dirigida hacia A u O en acimut. Se supone que la antena del SRA está en el ángulo de elevación más bajo al cual se hacen observaciones usando ese instrumento (5° ó 15°).

FIGURA 2

Ejemplo de modelo para la evaluación de la interferencia combinada



- A: línea divisoria de las tres zonas de servicio HAPS
- B: ubicación de la antena del SRA en el segmento AO
- O: punto nadir de la estación HAPS
- S₁: zona principal
- S₂ S₃: subzona

La antena del SRA ubicada en el punto B está dirigida hacia A u O en acimut.

Anexo 2

Modelo de propagación y criterios de protección del SRA

1 Modelo de propagación

Según el § 4.2 de la Recomendación UIT-R P.452, la pérdida de propagación entre las estaciones en la superficie de la Tierra no rebasada durante el porcentaje de tiempo, $p\%$ está dada por:

$$L_{b0}(p) = 92,5 + 20\log f + 20\log d + E_s(p) + A_g \quad \text{dB} \quad (1)$$

donde:

f : frecuencia (GHz) (se utiliza 31,3 en este estudio)

d : longitud del trayecto (km)

$E_s(p)$: corrección por los efectos de los trayectos múltiples y del enfoque

$$E_s(p) = 2,6(1 - e^{-d/10}) \log(p/50) \quad \text{dB} \quad (2)$$

A_g : absorción gaseosa total (dB)

$$A_g = [\gamma_0 + \gamma_w(\rho)] d \quad \text{dB} \quad (3)$$

donde:

$\gamma_0, \gamma_w(\rho)$: atenuaciones específicas producidas por el aire seco y el vapor de agua, respectivamente, determinadas mediante las ecuaciones de la Recomendación UIT-R P.676

ρ : densidad de vapor de agua

$$\rho = 7,5 + 2,5\omega \quad \text{g/m}^3 \quad (4)$$

ω : fracción del trayecto total sobre el agua.

En este estudio, se supone un factor de absorción gaseosa A_g de 0 a fin de considerar el caso más desfavorable de interferencia.

2 Criterios de protección del SRA

En la Recomendación UIT-R RA.769 figura el valor umbral de la densidad espectral de flujo de potencia (dfp) para proteger el SRA (calculada para una ganancia de antena de 0 dBi). Con esta metodología se obtiene un nivel de dfp de $-168 \text{ dB(W/(m}^2 \cdot \text{MHz))}$ en la banda 31,3-31,8 GHz. A fin de considerar el efecto de la ganancia de la antena de recepción, se adoptan el valor de «dfp de la interferencia recibida en una antena del SRA» más la «ganancia de la antena del SRA receptora para la interferencia» como criterio de protección del SRA y la distancia de separación se determina de forma que satisfaga el criterio de la Recomendación UIT-R RA.769 de $-168 \text{ dB(W/(m}^2 \cdot \text{MHz))}$.

Anexo 3

Repercusión de la estación HAPS en el suelo sobre la estación del SRA

1 Evaluación de la interferencia

1.1 Interferencia procedente de una sola fuente

Bajo las condiciones descritas en los Anexos 1 y 2, se calcula la repercusión (dfp recibida + ganancia de la antena del SRA) de una estación HAPS en el suelo en función de la distancia entre ésta y la estación del SRA. El diagrama de radiación de la antena de la estación HAPS en el suelo es el de la Recomendación UIT-R F.1245. En las Figs. 3 y 4 se ilustran los resultados obtenidos en Nobeyama (Japón), Taeduk (Corea) y Delingha (China) para porcentajes de tiempo del 0,001%, 1% y 10%. Como referencia se muestran, además, los resultados obtenidos al usar el modelo de propagación en el espacio libre. La distancia de separación necesaria se obtiene por el punto de intersección de la curva resultante y el criterio de protección del SRA: $-168 \text{ dB}(\text{W}/\text{m}^2 \cdot \text{MHz})$.

En el Cuadro 2 se resumen las distancias de separación necesarias para distintos valores del porcentaje de tiempo. Dichas distancias, cuando la antena del SRA y la estación HAPS en el suelo están dirigidas cara a cara en acimut (Hacia adelante), son 0,9 km para Nobeyama y Taeduk y 3,94 km para Delingha aun cuando se suponen el modelo de propagación en el espacio libre y un porcentaje de tiempo del 1%. Como referencia se muestran, además, las distancias de separación cuando la antena de la estación HAPS en el suelo está orientada 180° en sentido opuesto a la dirección de la estación del SRA (Hacia atrás).

La banda de guarda necesaria se calcula utilizando el filtro de FI del ejemplo y la ecuación (3) descritos en el § 11 del Anexo 1 de la Recomendación UIT-R F.1569. Se emplea el nivel de ruido térmico a la entrada del módulo de RF como el nivel mínimo para determinar f_{pmt} . El ancho de la banda de guarda necesaria es 10 MHz para una anchura de banda del filtro de FI de 20,2 MHz (-3 dB). Esta banda de guarda depende de la anchura de banda de la señal y de las características de atenuación del filtro paso banda de FI.

1.2 Interferencia combinada

En el caso de la interferencia combinada bajo la condición descrita en el § 3.2 del Anexo 1, se supone que no hay transmisiones HAPS en la célula que incluye la estación del SRA. En las Figs. 4a) a 4d) se ilustra el valor ponderado total de la «dfp recibida» más «la ganancia de la antena del SRA», donde la antena del SRA está dirigida al punto A u O. Además, la elevación operacional mínima es de 15° ó 5° y «la coordenada Y del SRA» muestra la distancia a la antena del SRA desde el punto nadir O. Los términos zona principal y subzona se definen en la Fig. 2. Según se muestra en estas Figuras, el valor combinado de «la dfp recibida» más «la ganancia de la antena del SRA» no rebasa el criterio de interferencia admisible de la estación del SRA de $-168 \text{ dB}(\text{W}/(\text{m}^2 \cdot \text{MHz}))$ salvo en el caso de la Fig. 4d).

En la Fig. 4d) que es un caso especial para una elevación de antena de 5° , se muestra que la «dfp total recibida» más «la ganancia de la antena del SRA» supera el criterio de protección. El resultado se debe a que tanto la antena del SRA como la antena de la estación HAPS en el suelo están orientadas cara a cara con una distancia de separación corta.

CUADRO 2

Distancias de separación necesarias entre la estación HAPS en el suelo y la estación del SRA para el caso de interferencia procedente de una sola fuente

			Separación necesaria de estación HAPS en el suelo (km)		
	Dirección ⁽¹⁾	Porcentaje de tiempo <i>p</i> (%)	0,001	1	10
Nobeyama, Taeduk	Hacia adelante	Línea de visibilidad (incluyendo la interferencia combinada)	0,99	0,90	0,88
	Hacia atrás	Línea de visibilidad (incluyendo la interferencia combinada)	0,31	0,30	0,30
Delingha	Hacia adelante	Línea de visibilidad (incluyendo la interferencia combinada)	6,38	3,94	3,56
	Hacia atrás	Línea de visibilidad (incluyendo la interferencia combinada)	1,36	1,21	1,17

⁽¹⁾ Hacia adelante: la antena de la estación HAPS en el suelo está orientada hacia la estación del SRA. Hacia atrás: la antena de la estación HAPS en el suelo está orientada en sentido opuesto a la estación del SRA.

FIGURA 3

dfp recibida más ganancia de la antena del SRA en la estación del SRA sobre la línea de visibilidad cuando la estación del SRA y la estación HAPS en el suelo están dirigidas cara a cara

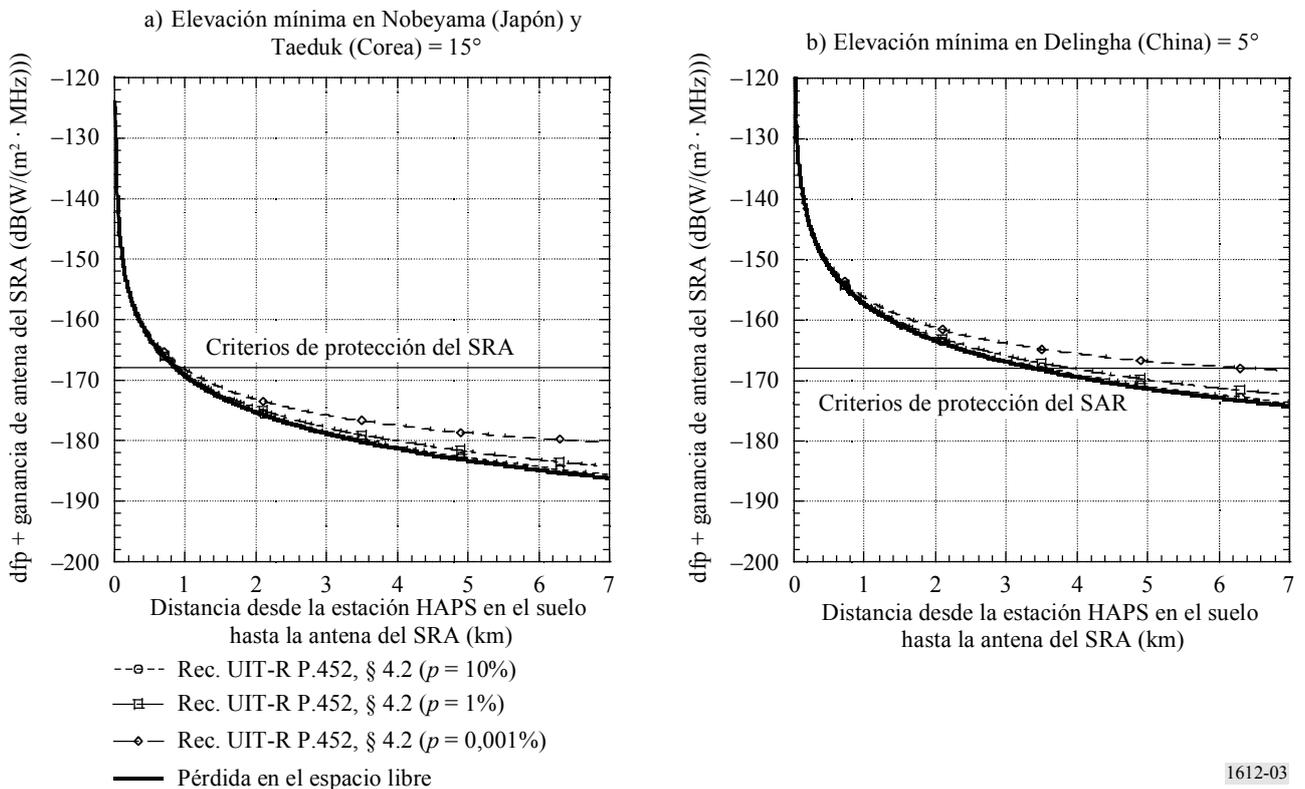
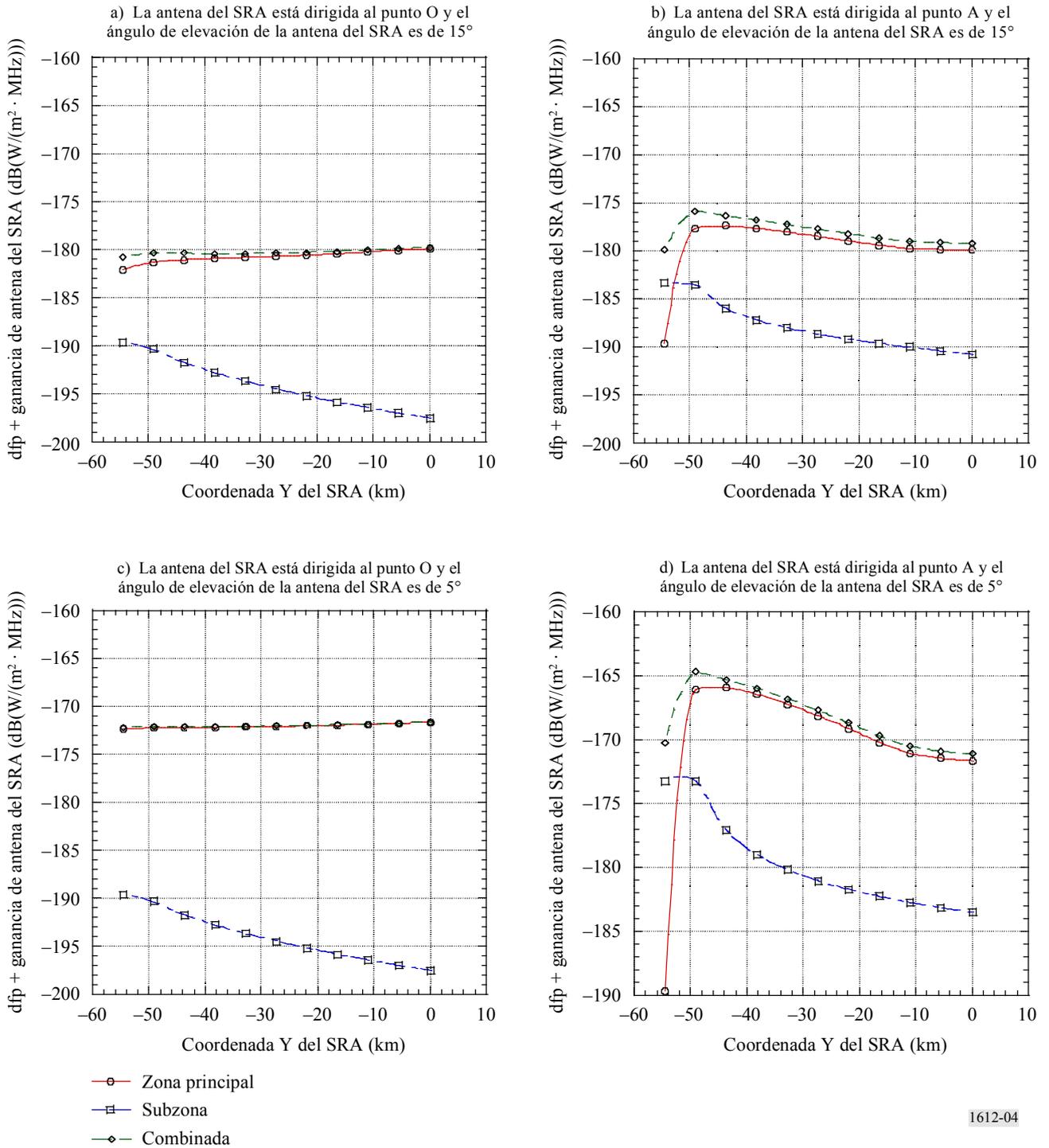


FIGURA 4

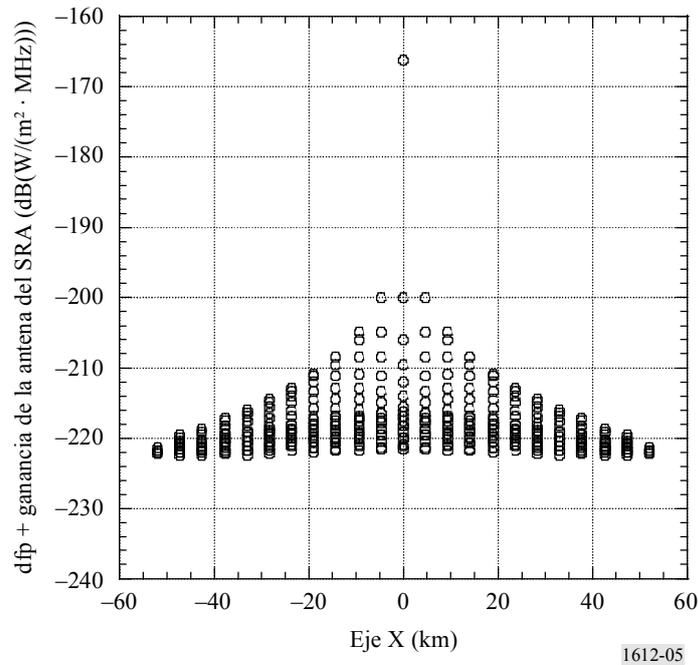
dfp más la ganancia de la antena del SRA en el caso de interferencia combinada



En la Fig. 5 se representan los gráficos del nivel de interferencia de la «dfp recibida» más «la ganancia de la antena del SRA» de la estación HAPS en el suelo en cada punto. La interferencia de las estaciones HAPS en el suelo en la célula vecina en dirección del eje de puntería de la antena del SRA, es la más elevada, con un valor de $-166,1 \text{ dB(W/(m}^2 \cdot \text{MHz))}$. Si se prohíbe el funcionamiento de las estaciones HAPS en el suelo (o células) que causan tales niveles elevados de emisiones no deseadas, la interferencia combinada no rebasará el criterio de protección. Debe señalarse sin embargo, que en los casos de interferencia combinada, la potencia total de las emisiones no deseadas recibida en el radiotelescopio depende del modo de funcionamiento de la estación del SRA y del diseño de la red HAPS y que no pueden obtenerse las conclusiones generales.

FIGURA 5

Gráfico de la dfp más la ganancia de antena del SRA para cada estación HAPS en el suelo en el caso de la Fig. 3d) donde el valor de la distancia en la coordenada Y es $-49,1 \text{ km}$ (todos los valores de interferencia están proyectados en el eje X que se define en la Fig. 2)



1612-05

2 Resumen

Los resultados del estudio indican que los sistemas HAPS deben instalarse bajo las siguientes condiciones para proteger a las estaciones de radioastronomía:

- las aeronaves HAPS no deben estar ubicadas en las proximidades de una estación del SRA para evitar la situación en que muchas estaciones HAPS en el suelo apuntan en acimut hacia la estación del SRA;
- el servicio fijo que utiliza las estaciones HAPS no debe funcionar dentro de una zona equivalente a una o más células del haz puntual alrededor de una estación del SRA.

En el Cuadro 3 se presentan los resultados de las distancias de separación necesarias entre las estaciones HAPS en el suelo y las estaciones del SRA para el caso de interferencia procedente de una sola fuente, incluida la condición de caso más desfavorable donde una antena de la estación HAPS en el suelo apunta hacia una estación del SRA en acimut. Los resultados que aparecen en el § 11 de este Anexo se obtuvieron usando la Recomendación UIT-R F.1245 para el diagrama de radiación de antena de la estación HAPS en el suelo. Se debe emplear la Recomendación UIT-R F.699 para determinar la distancia de separación entre una sola estación HAPS en el suelo y una estación del SRA. Al utilizar la Recomendación UIT-R F.699, el nivel del lóbulo lateral aumenta en 6 dB, en consecuencia la distancia de separación necesaria entre una estación HAPS en el suelo y una estación del SRA se duplica.

CUADRO 3

Distancias de separación necesarias entre una estación HAPS en el suelo y una estación del SRA para el caso de interferencia procedente de una sola fuente utilizando el diagrama de antena de la Recomendación UIT-R F.699
(Porcentaje de tiempo: 1%)

Ángulo de elevación de la antena del SRA (grados)	Distancia de separación necesaria (km)		
	Ángulo de elevación de la antena de la estación HAPS en el suelo, 20°		Ángulo de elevación de la antena de la estación HAPS en el suelo, 90°
	Hacia adelante	Hacia atrás	Hacia adelante/hacia atrás
1	60,3	21,4	21,4
5	7,9	2,4	2,4
10	3,0	1,0	1,0
15	1,8	0,6	0,6

NOTA 1 – Hacia adelante: la antena de la estación HAPS en el suelo está orientada directamente hacia la estación del SRA en acimut.

Hacia atrás: la antena de la estación HAPS en el suelo está orientada en sentido contrario a la estación del SRA en acimut.