

## RECOMENDACIÓN UIT-R S.1560

**Metodología de cálculo de los niveles de interferencia del caso más desfavorable causada por un tipo determinado de sistema del servicio fijo por satélite no geoestacionario que utiliza órbitas muy elípticas en redes de satélite del servicio fijo por satélite geoestacionario que funcionan en las bandas de frecuencia de 4/6 GHz**

(Cuestión UIT-R 236/4)

(2002)

La Asamblea de Radiocomunicaciones de la UIT,

*considerando*

- a) que muchas bandas de frecuencia del servicio fijo por satélite (SFS), incluidas las bandas de 4/6 GHz, se pueden utilizar tanto para redes de satélite geoestacionarias (OSG) como para sistemas de satélite no OSG de acuerdo con el Reglamento de Radiocomunicaciones (RR);
- b) que en las bandas de 4/6 GHz, los sistemas no OSG no deberán causar interferencias inaceptables a las redes del SFS OSG de acuerdo con las disposiciones del número 22.2 del RR;
- c) que las administraciones quizás necesiten calcular el nivel de interferencia del caso más desfavorable causada por un sistema no OSG en cualquier red OSG en las bandas de frecuencia de 4/6 GHz;
- d) que las bandas de frecuencia del SFS de 4/6 GHz son intensamente utilizadas por las redes del SFS OSG existentes y proyectadas,

*observando*

- a) que la Oficina de Radiocomunicaciones ha recibido información relativa a sistemas no OSG que utilizan órbitas muy elípticas en el SFS en bandas de frecuencia por debajo de 10 GHz;
- b) que el número 22.2 del RR es una disposición operativa que se ha de aplicar entre administraciones, y que corresponde a la administración del SFS OSG afectado determinar si un sistema del SFS no OSG está causando una interferencia inaceptable a la red del SFS OSG;
- c) que los tipos de sistemas del SFS no OSG de órbita muy elíptica a los que se hace referencia en el *observando* a) se caracterizan por la utilización limitada de arcos operativos o «activos» separados espacialmente con respecto a la órbita OSG vista desde la estación terrena,

*recomienda*

- 1 que el nivel de interferencia del caso más desfavorable causada por un sistema del SFS no OSG de un tipo descrito en los *observando* anteriores con órbitas muy elípticas a una red del SFS OSG, se calcule considerando que todos los satélites no OSG de ese sistema que utilizan la misma frecuencia y transmiten hacia la misma región geográfica de la Tierra producen sus niveles máximos de densidad de flujo de potencia (dfp);
- 2 que en el caso de sistemas del SFS no OSG que funcionan en órbitas muy elípticas en las bandas de frecuencia de 4/6 GHz se utilice la metodología del Anexo 1 a la presente Recomendación para el cálculo de los niveles de interferencia del caso más desfavorable en redes del SFS

OSG provocada por sistemas del SFS no OSG cuando no se efectúan transmisiones hacia o desde cualquier satélite OSG dentro de 40° con respecto al OSG visto desde cualquier punto de la superficie de la Tierra;

3 que esta metodología sea utilizada por las administraciones cuando consideren la posibilidad de que un sistema del SFS no OSG de un tipo descrito en los *observando* anteriores cause una interferencia inaceptable a una red del SFS OSG.

NOTA 1 – En el Anexo 2 se da un ejemplo de utilización de la metodología de la presente Recomendación para un sistema del SFS no OSG de un tipo descrito en los *observando* anteriores que funciona en órbitas elípticas inclinadas subsíncronas.

NOTA 2 – Es preciso proseguir el trabajo de evaluación de la interferencia combinada provocada por esos sistemas no OSG en redes OSG.

NOTA 3 – La metodología establece la hipótesis del caso más desfavorable que sobreestima los niveles reales de interferencia. Se podrían utilizar técnicas de análisis más perfeccionadas para evaluar los perfiles de interferencia con más detalle.

NOTA 4 – En la metodología del Anexo 1 debería tenerse en cuenta la inclinación del satélite OSG.

## ANEXO 1

### **Metodología de cálculo de los niveles de interferencia del caso más desfavorable causada por un tipo determinado de sistema del SFS no OSG que utiliza órbitas muy elípticas en redes de satélite del SFS OSG que funcionan en las bandas de frecuencia de 4/6 GHz**

La metodología que sigue deberá utilizarse para el cálculo de los niveles potenciales de interferencia en redes OSG que funcionan en las bandas de frecuencia de 4/6 GHz como consecuencia del funcionamiento con utilización de la misma frecuencia de tipos determinados de un sistema del SFS no OSG.

El cálculo efectuado aplicando la metodología descrita en este Anexo podría sobreestimar los niveles reales de interferencia. En particular, al evaluar la interferencia en el enlace descendente, se supone que cada uno de los satélites del SFS no OSG transmisores está situado manteniendo la separación angular mínima con respecto a la línea de visión directa entre la estación terrena OSG y su satélite OSG asociado. En una situación real, si uno de los satélites no OSG está situado con esa separación angular mínima, los demás satélites no OSG estarán situados con una separación angular algo mayor y las contribuciones a la interferencia procedentes de esos otros satélites serán más bajas. Por ello, la degradación  $\Delta T/T$  global calculada sería inferior a la calculada aplicando la presente metodología. En las estimaciones de la interferencia tanto de enlace ascendente como de enlace descendente, el número de satélites transmisores o de estaciones terrenas utilizado en el análisis de la interferencia máxima es el existente en el momento en que se produce un traspaso. El traspaso sólo ocurrirá durante breves periodos de tiempo (por lo general, en torno al 0,1%) y dará lugar a una sobreestimación de la interferencia máxima que se produciría durante la mayor parte del tiempo. Podrían utilizarse técnicas de análisis perfeccionadas para hacer una estimación de los perfiles de interferencia con más detalle.

## 1 Datos relativos al sistema no OSG

Por lo que se refiere al sistema no OSG, se necesita la información que sigue:

### 1.1 Transmisiones de espacio a Tierra

$\theta_{D-min}$ : Separación angular mínima de los satélites no OSG transmisores activos con respecto a la línea de visibilidad directa entre la estación terrena OSG y su satélite OSG asociado (grados).

$dfp_{D-no\ OSG-max}$ :  $dfp$  máxima en la superficie de la Tierra causada por las transmisiones procedentes de cada uno de los satélites no OSG de la constelación (dB(W/(m<sup>2</sup> · 1 Hz))).

$N_D$ : Número máximo de satélites no OSG que utilizan la misma frecuencia y transmiten hacia la misma región geográfica de la Tierra, así como una indicación del número de esos satélites en función del porcentaje de tiempo.

### 1.2 Transmisiones de Tierra a espacio

$\theta_{U-min}$ : Separación angular mínima de la órbita OSG con respecto a la línea de visibilidad directa entre la estación terrena no OSG transmisora y su satélite no OSG asociado (grados).

$p.i.r.e.no\ OSG-max$ : Máxima densidad espectral de la potencia isotrópica radiada equivalente (p.i.r.e.) fuera del eje procedente de la estación terrena no OSG transmisora correspondiente a la separación angular mínima ( $\theta_{U-min}$ ) (dB(W/Hz)).

$N_U$ : Número máximo de estaciones terrenas no OSG transmisoras que utilizan la misma frecuencia dentro de una región geográfica de la Tierra que probablemente reciba un haz de recepción de satélite OSG único.

## 2 Datos relativos a la red OSG

Por lo que se refiere a la red OSG, se necesita la información que sigue:

### 2.1 Sensibilidad de la estación terrena en recepción

$G_{OSG-ES-max}$ : Máxima ganancia fuera del eje supuesta de la estación terrena receptora OSG en un sentido, correspondiente a la separación angular mínima ( $\theta_{D-min}$ ) del satélite no OSG cuando está transmitiendo activamente (dBi). En la Recomendación UIT-R S.465 se dan algunas orientaciones al respecto.

$T_{OSG-ES}$ : Temperatura de ruido supuesta del sistema receptor con atmósfera despejada (incluido el ruido de la antena receptora) del enlace descendente OSG. Para errar en el lado conservador, es preciso no incluir aquí las degradaciones causadas en el enlace global imputables al enlace ascendente (K).

### 2.2 Sensibilidad del satélite en recepción

$G_{OSG-SS-max}$ : Máxima ganancia de antena de recepción de satélite OSG supuesta (dBi).

$T_{OSG-SS}$ : Temperatura de ruido supuesta del sistema de recepción con atmósfera despejada del enlace ascendente OSG. Para errar en el lado conservador, es preciso no tener en cuenta el enlace global, incluyendo el enlace descendente (K).

### 3 Cálculo de la interferencia del enlace descendente en la red OSG

Para calcular la degradación de la temperatura de ruido del sistema receptor del enlace descendente de una red OSG provocada por un sistema de satélite no OSG se llevan a cabo los tres pasos que se indican a continuación:

*Paso D1:* Cálculo de la máxima densidad espectral de potencia de señal interferente ( $I_{0-ES}$ ) provocada por un solo satélite no OSG a la salida de la antena de la estación terrena OSG:

$$I_{0-ES} = dfp_{D-no\ OSG-máx} + G_{OSG-ES-máx} + 10 \log \left( \frac{\lambda^2}{4\pi} \right) \quad \text{dB(W/Hz)} \quad (1)$$

donde  $\lambda$  es la longitud de onda.

*Paso D2:* Cálculo de la densidad espectral de potencia de ruido,  $N_0$ , a la salida de la antena de la estación terrena OSG:

$$N_{0-ES} = 10 \log (k T_{OSG-ES}) \quad \text{dB(W/Hz)} \quad (2)$$

donde  $k$  es la constante de Boltzmann.

*Paso D3:* Cálculo de la degradación de la temperatura de ruido del sistema receptor del enlace descendente,  $\Delta T/T_D$ , provocada por la constelación de satélites no OSG:

$$\Delta T/T_D = N_D 10^{\left( \frac{I_{0-ES} - N_{0-ES}}{10} \right)} \quad (3)$$

### 4 Cálculo de la interferencia del enlace ascendente en la red OSG

Para calcular la degradación de la temperatura de ruido del sistema receptor del enlace ascendente de una red OSG provocada por un sistema de satélite no OSG se llevan a cabo los cuatro pasos que se indican a continuación:

*Paso U1:* Cálculo de la máxima densidad espectral de dfp en la estación espacial OSG ( $dfp_{U-no\ OSG-máx}$ ) provocada por una única estación terrena transmisora no OSG. Se señala que en la ecuación que sigue se supone que la estación terrena transmisora no OSG está situada a la distancia mínima con respecto a un satélite OSG. Hay que tener en cuenta que en esa ubicación de la estación terrena, el ángulo de separación resultante será mayor que el ángulo de separación mínima que se utiliza en el análisis. Sin embargo, puesto que incluso el ángulo de separación mínima será superior a  $40^\circ$ , es poco probable que la reducción de la ganancia del lóbulo lateral de la antena de la estación terrena no OSG compense totalmente la reducción de la pérdida del trayecto de interferencia. Así pues, con este cálculo es posible que se sobreestime la interferencia recibida.

$$dfp_{U-no\ OSG-máx} = p.i.r.e.no\ OSG-máx - 10 \log (4\pi(35\ 786)^2) \quad (4)$$

*Paso U2:* Cálculo de la densidad espectral de potencia de señal interferente,  $I_{0-SS}$ , a la salida de la antena de la estación espacial OSG:

$$I_{0-SS} = dfp_{U-no\ OSG-máx} + G_{OSG-SS-máx} + 10 \log \left( \frac{\lambda^2}{4\pi} \right) \quad (5)$$

donde  $\lambda$  es la longitud de onda.

*Paso U3:* Cálculo de la densidad espectral de potencia de ruido,  $N_0$ , a la salida de la antena de la estación espacial OSG:

$$N_{0-SS} = 10 \log (k T_{OSG-SS}) \quad \text{dB(W/Hz)} \quad (6)$$

donde  $k$  es la constante de Boltzmann.

*Paso U4:* Cálculo de la degradación de la temperatura de ruido del sistema receptor del enlace ascendente,  $\Delta T/T_U$ :

$$\Delta T/T_U = N_U 10^{\left( \frac{I_{0-SS} - N_{0-SS}}{10} \right)} \quad (7)$$

## 5 Sistemas del SFS no OSG múltiples

Si se aplica la metodología anterior a la situación en la que hay múltiples sistemas del SFS no OSG de este tipo particular funcionando en las bandas de frecuencia de 4/6 GHz, se sobreestimaría en gran medida la degradación real de las temperaturas de ruido del sistema receptor del enlace ascendente y descendente de una red OSG provocada por múltiples sistemas de satélite no OSG. Esto se debe a que se supone, para cada satélite, la separación angular mínima con respecto al arco OSG. En una situación en la que hubiera múltiples sistemas no OSG de este tipo, los satélites se distribuirían a lo largo de cada uno de los arcos activos y muy pocos estarían situados con ese ángulo de separación mínima. En consecuencia, este procedimiento se puede utilizar como una herramienta de análisis preliminar para el caso de sistemas múltiples, pero sería necesario un análisis más detallado en el que se tuvieran en cuenta las ubicaciones de los satélites de cada sistema en los arcos activos para evaluar el impacto de la interferencia combinada procedente de múltiples sistemas.

## ANEXO 2

### **Ejemplo de aplicación de la metodología de esta Recomendación al cálculo de los niveles de interferencia del caso más desfavorable causada por un tipo determinado de sistema del SFS no OSG que funciona en órbitas muy elípticas inclinadas subsíncronas en redes del SFS OSG en las bandas de frecuencia de 4/6 GHz**

#### **1 Sistema no OSG candidato considerado**

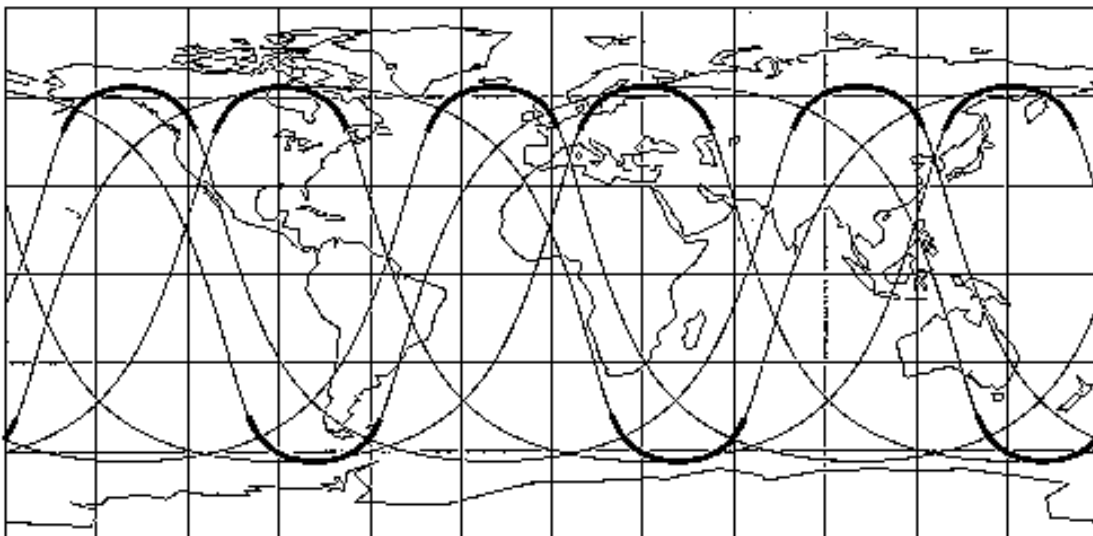
El tipo de sistema del SFS no OSG que aquí se propone utiliza órbitas elípticas inclinadas subsíncronas para asegurar una gran separación angular de los satélites activos con respecto a la órbita OSG. El sistema ha sido propuesto como USAKU-H2 en la UIT. Es un sistema del SFS no OSG de órbita muy elíptica que utiliza órbitas elípticas inclinadas subsíncronas para asegurar una gran separación angular de los satélites activos con respecto a la órbita OSG. Con el sistema podrían prestarse servicios fijos por satélite a todas las áreas pobladas de la Tierra mediante sus enlaces de usuario y pasarela. Se señala que este sistema propone utilizar sólo tipos de enlaces pasarela en las bandas de frecuencia de 4/6 GHz que son objeto de la presente Recomendación.

Esos enlaces pasarela utilizarían un número relativamente pequeño de grandes estaciones terrenas, con lo que se reduce aún más cualquier interferencia a las redes del SFS OSG. A continuación se da una breve descripción resumida del sistema, pero en la Recomendación UIT-R S.1328 puede encontrarse información más detallada sobre el sistema propuesto.

El sistema USAKU-H2 está compuesto por tres subconstelaciones de cinco satélites cuyas proyecciones de recorridos en el suelo se repiten. Dos de las subconstelaciones de cinco satélites siguen recorridos en el suelo separados en el Hemisferio Norte, y la tercera subconstelación sigue un recorrido en el suelo por el Hemisferio Sur. El sistema está diseñado de tal manera que los satélites están activos (es decir, transmiten o retransmiten y reciben señales de radiocomunicación) sólo cuando están en el tramo de la órbita cercano al apogeo, en donde el satélite se desplaza a la velocidad más baja. Estos arcos activos para cada subconstelación se producen solamente cuando los satélites se encuentran en latitudes superiores a los  $45^\circ$  N en el caso de las subconstelaciones del Hemisferio Norte y  $45^\circ$  S si se trata de la subconstelación del Hemisferio Sur. El diseño del sistema permite que haya tres arcos activos para cada subconstelación, y que los arcos activos no se crucen entre sí. En cualquier momento y para cada subconstelación/proyección de recorrido en el suelo, habrá un satélite en cada uno de los tres arcos activos y dos satélites ausentes de los mismos. Cabe señalar que habrá momentos en que haya dos satélites en un determinado arco activo (uno al comienzo y otro al final) para la realización de tareas auxiliares y de transferencia. El sistema está concebido de tal manera que los satélites están separados en todo momento al menos  $40^\circ$  con respecto a la línea de visión directa OSG. Con el sistema USAKU-H2 se consigue así una combinación optimizada de ángulos de elevación muy altos, tiempos de propagación de la señal bajos en comparación con los satélites OSG, un número limitado de trasposos de satélite y alta separación angular con respecto a la órbita OSG. También se consigue una distribución no uniforme de la capacidad entre los Hemisferios Norte y Sur en proporción con la demanda. La Fig. 1 muestra las proyecciones subsatelitales de los recorridos en el suelo del sistema USAKU-H2, con los arcos de servicio activos indicados mediante líneas de trazo intenso.

FIGURA 1

Proyecciones subsatelitales de los recorridos en el suelo del Sistema USAKU-H2



## 2 Bandas de frecuencia

En el sistema USAKU-H2 que se propone, los enlaces pasarela funcionan en las bandas de frecuencia 5 925-6 725 MHz (Tierra-espacio) y 3 700-4 200 MHz (espacio-Tierra). Cada satélite del sistema USAKU-H2 proporciona canales de comunicación acodados en esas bandas entre sus enlaces pasarela en las mismas y sus enlaces de usuario que funcionan en otras bandas de frecuencia.

## 3 Parámetros fundamentales para el cálculo de la interferencia a redes del SFS OSG en las bandas de frecuencia de 4/6 GHz

Para el tipo de sistemas no OSG considerado en esta Recomendación, se necesitan los parámetros siguientes para la evaluación de la interferencia en redes del SFS OSG que utilizan la misma frecuencia:

### 3.1 Interferencia de enlace descendente en redes OSG

- D1: Separación angular mínima de los satélites no OSG transmisores activos con respecto a la línea de visibilidad directa entre la estación terrena OSG y su satélite OSG asociado.
- D2:  $dfp$  máxima en la superficie de la Tierra causada por la transmisión desde cada uno de los satélites no OSG de la constelación.
- D3: Número máximo de satélites no OSG que utilizan la misma frecuencia y transmiten hacia la misma región geográfica de la Tierra, así como una indicación del número de dichos satélites en función del porcentaje de tiempo.
- D4: Ganancia fuera del eje supuesta de la estación terrena receptora OSG hacia los satélites no OSG activos. La Recomendación UIT-R S.465 da algunas orientaciones a este respecto.
- D5: Temperatura de ruido supuesta del sistema de recepción con atmósfera despejada (incluido el ruido de la antena de recepción) del enlace descendente OSG. Para errar en el lado conservador, es preciso no incluir las degradaciones causadas al enlace global imputables al enlace ascendente.

### 3.2 Interferencia de enlace ascendente en redes OSG

- U1: Separación angular mínima de la órbita OSG desde la línea de visibilidad directa entre la estación terrena no OSG transmisora y su satélite no OSG asociado.
- U2: Máxima densidad espectral de p.i.r.e. fuera del eje procedente de la estación terrena no OSG transmisora.
- U3: Número máximo de estaciones terrenas no OSG transmisoras que utilizan la misma frecuencia dentro de una región geográfica de la Tierra que probablemente reciba un haz de recepción de satélite OSG único.
- U4: Máxima ganancia de antena de recepción de satélite OSG supuesta.
- U5: Temperatura de ruido supuesta de sistema de recepción con atmósfera despejada del enlace ascendente OSG. Para errar en el lado conservador, es preciso no incluir aquí el enlace global con el enlace descendente.

#### 4 Cálculo de la interferencia de enlace descendente provocada en las redes OSG

Para el sistema no OSG candidato que aquí se considera, USAKU-H2, los valores de los parámetros fundamentales necesarios para el cálculo de esta interferencia, según se especifica en el § 3, son como sigue:

- D1: Separación angular mínima de los satélites no OSG transmisores activos desde la línea de visibilidad directa entre la estación terrena OSG y su satélite OSG asociado no ha de ser nunca inferior a 40°.
- D2: d<sub>fp</sub> máxima en la superficie de la Tierra causada por las transmisiones procedentes de cada uno de los satélites no OSG de la constelación no es superior a -165 dB(W(m<sup>2</sup> · 4 kHz)). Este nivel es compatible con la utilización de estaciones terrenas pasarela de un diámetro no inferior a 5 m.
- D3: Número máximo de satélites no OSG que utilizan la misma frecuencia y transmiten hacia la misma región geográfica de la Tierra es de tres<sup>1</sup>. Esta situación puede darse durante periodos de tiempo muy cortos y sólo en determinadas partes geográficas de las zonas de servicio no OSG. Las zonas geográficas en cuestión son aquellas desde las que se pueden ver arcos de servicio activos de más de una subconstelación no OSG simultáneamente. En esas situaciones geográficas, sólo dos subconstelaciones no OSG son visibles simultáneamente la inmensa mayoría de las veces, pero su número puede aumentar a tres en los momentos en que se produce el traspaso entre la puesta o crepúsculo y la salida o alba del satélite activo no OSG (los traspasos duran normalmente 10 s y se producen una vez cada 4,8 h para cada subconstelación; se habla de corto plazo para referirse a esa cadencia). En muchas ubicaciones geográficas, sólo un satélite no OSG será visible la inmensa mayoría de las veces, siendo dos en los momentos en que se produce el traspaso de la puesta a la salida del satélite activo no OSG. En base al corto plazo aquí definido, los niveles de interferencia calculados sólo se producirán normalmente durante 20 s (es decir, dos traspasos de subconstelación) cada 4,8 h, lo que equivale al 0,1% del tiempo aproximadamente.
- D4: Ganancia fuera del eje supuesta de la estación terrena receptora OSG hacia los satélites no OSG activos, según se propone en la Recomendación UIT-R S.465, es como sigue:

$$G = 32 - 25 \log(\theta) \quad \text{para } \theta_{min} \leq \theta < 48^\circ$$

$$G = -10 \text{ dBi} \quad \text{para } 48^\circ \leq \theta \leq 180^\circ$$

donde  $\theta_{min} = 1^\circ$  ó  $100\lambda/D$  (grados), lo que sea mayor.

- D5: Temperatura de ruido del sistema de recepción con atmósfera despejada (incluido el ruido de antena de recepción) del enlace descendente OSG se supone que es, adoptando un valor conservador, de 80 K. Este valor corresponde a un enlace descendente con calidad de funcionamiento bastante buena, y con él se desechan cualesquiera degradaciones provocadas en el enlace global imputables al enlace ascendente.

---

<sup>1</sup> Esto se debe a que el sitio de la estación terrena pasarela (y por tanto, la cobertura del haz del enlace descendente pasarela) para la subconstelación que funciona en el Hemisferio Sur estará geográficamente separado del sitio o los sitios de las estaciones terrenas pasarela y de la cobertura del haz para las subconstelaciones del Hemisferio Norte.



En el Cuadro 1 se da el cálculo, con los valores de los parámetros fundamentales indicados más arriba, de la interferencia del enlace descendente del caso más desfavorable (corto plazo) provocada por un sistema no OSG en cualquier red OSG que utiliza la misma frecuencia.

CUADRO 1

**Análisis de la interferencia de enlace descendente del caso más desfavorable  
(corto plazo) provocada por un Sistema USAKU-H2 en una estación  
terrena OSG en la banda de frecuencias 3 700-4 200 MHz**

Parámetro	Valor
Máxima d <sub>fp</sub> del Satélite USAKU-H2 en 4 kHz (dB(W/(m <sup>2</sup> · 4 kHz)))	-165
Ángulo de evitación de la órbita OSG (grados)	40
Ganancia de la estación terrena OSG receptora hacia el satélite USAKU-H2 (suponiendo $32 - 25 \log(\theta)$ ) (dBi)	-8,0
Frecuencia (MHz)	4 000
Abertura efectiva de la estación terrena OSG receptora hacia el satélite USAKU-H2 (dBm <sup>2</sup> )	-41,5
Potencia de la señal interferente de la estación terrena OSG receptora en 4 kHz (dB(W/4 kHz))	-206,5
Densidad espectral de potencia de la señal interferente de la estación terrena OSG receptora (dB(W/Hz))	-242,6
Incremento de la interferencia debido a tres satélites USAKU-H2 visibles simultáneamente (dB)	4,8
Densidad espectral de potencia de la señal interferente de estación terrena OSG receptora (tres satélites USAKU-H2 visibles simultáneamente) (dB(W/Hz))	-237,8
Temperatura de ruido del sistema de la estación terrena OSG receptora (K)	80
Densidad espectral de potencia del ruido del sistema de la estación terrena OSG receptora (dB(W/Hz))	-209,6
$I_0/N_0$ a la entrada de la estación terrena OSG receptora (corto plazo) (dB)	-28,2
Degradación $\Delta T/T$ de la estación terrena OSG receptora (corto plazo) (%)	0,152

El análisis del Cuadro 1 empieza con la d<sub>fp</sub> de enlace descendente máxima del satélite USAKU-H2, según el elemento de datos D2 anterior. A continuación, sobre la base de un ángulo de evitación orbital OSG de 40° como mínimo, (elemento de datos D2), se calcula la ganancia de la antena de la estación terrena receptora OSG aplicando la fórmula  $32 - 25 \log(\theta)$  (elemento de datos D4) de modo que no sea superior a -8,0 dBi. Esta ganancia se convierte en una apertura efectiva (dBm<sup>2</sup>) utilizando una frecuencia de recepción apropiada de 4 GHz. El empleo de la apertura efectiva permite calcular seguidamente de forma sencilla el valor de la potencia de la señal interferente recibida, en una anchura de banda de 4 kHz, desde un único satélite USAKU-H2. Tras calcular ese valor previendo tres satélites USAKU-H2 visibles simultáneamente (valor a corto plazo

del caso más desfavorable) y efectuar el ajuste a una anchura de banda de referencia de 1 Hz, esta potencia de señal de interferencia combinada se compara con la potencia de ruido inherente del receptor OSG (resultante del elemento de datos D5). En base a lo anterior se calcula una relación interferencia/densidad de potencia de ruido ( $I_0/N_0$ ) de  $-28,2$  dB, que se expresa también como una degradación  $\Delta T/T$  equivalente de la calidad de funcionamiento de la estación terrena receptora OSG del  $0,152\%$ . Los niveles de interferencia a corto plazo del caso más desfavorable serán entre dos y tres veces inferiores a ese valor, con unas relaciones  $I_0/N_0$  resultantes de entre  $-31,2$  dB y  $-33,0$  dB, respectivamente, y unos valores de degradación  $\Delta T/T$  de entre  $0,101\%$  y  $0,051\%$ , respectivamente.

En los puntos anteriores de este Anexo se ha señalado que el análisis anterior sobreestimaría la interferencia real debido a que los tres satélites interferentes supuestos no estarían situados con el ángulo de separación mínima para una determinada ubicación de estación terrena OSG. Considérese, por ejemplo, el caso en que la estación terrena OSG está situada de tal manera que el satélite no OSG que está entrando en el arco activo sobre América del Norte se halla a un ángulo de separación mínima de  $40^\circ$ . La separación angular para el satélite no OSG que está al final de este arco activo será de unos  $60^\circ$ . El tercer satélite está situado, según se supone, en el centro del arco activo adyacente. La separación angular para este satélite sería de unos  $70^\circ$ . La ganancia de la antena de la estación terrena receptora OSG correspondiente hacia el satélite OSG sería de  $-10,0$  dBi. La degradación  $\Delta T/T$  resultante para la estación terrena receptora OSG sería de  $0,11\%$ .

## **5 Cálculo de la interferencia de enlace ascendente provocada en las redes OSG**

Para el sistema no OSG candidato que aquí se considera, USAKU-H2, los valores de los parámetros fundamentales necesarios para el cálculo de esta interferencia, según se especifica en el § 4, son como sigue:

- U1: Separación angular mínima de la órbita OSG desde la línea de visibilidad directa entre la estación terrena no OSG transmisora y su satélite no OSG asociado no es nunca inferior a  $40^\circ$ .
- U2: Densidad espectral de la p.i.r.e. fuera del eje máxima provocada por la estación terrena no OSG transmisora se calcula a partir de la densidad espectral de potencia de entrada máxima ( $-25,0$  dB(W/4 kHz) con atmósfera despejada y  $-21,8$  dB(W/4 kHz) con desvanecimientos por lluvia debido a la utilización del control de potencia del enlace ascendente) y la ganancia fuera del eje máxima de la estación terrena no OSG transmisora en la dirección del arco OSG. Esto último se supone que toma el valor conservador de  $36 - 25 \log(\theta)$ .
- U3: Existe una relación directa entre el número máximo de estaciones terrenas no OSG transmisoras que utilizan la misma frecuencia dentro de una región geográfica de la Tierra que probablemente reciba un único haz de recepción de satélite OSG, y la ganancia de recepción de satélite OSG máxima supuesta (véase el elemento de datos U4). Cuando la anchura del haz de recepción de satélite OSG es inferior a la anchura del haz de recepción de satélite no OSG (medida en la superficie de la Tierra), el número máximo es por lo general uno. Sólo cuando la anchura del haz de recepción del satélite OSG sea superior a la anchura del haz del satélite no OSG habrá la posibilidad de múltiples emisiones que utilicen la misma frecuencia desde los enlaces ascendentes de transmisión no OSG. Sin embargo, en este caso se reducirá la ganancia de cresta del haz de recepción del satélite OSG, con el

resultado de una sensibilidad de enlace ascendente menor y niveles más bajos de interferencia no OSG por estación terrena no OSG transmisora. Por consiguiente, el probable escenario del caso más desfavorable es un haz puntual de recepción OSG de ganancia elevada, cuya anchura (medida en la superficie de la Tierra) es notablemente menor que la anchura del haz de recepción del satélite no OSG (el sistema candidato tiene una ganancia de cresta de 33 dBi a una altitud de funcionamiento de 22000 km). Un haz puntual de recepción OSG de 1,7°, representativo de los diseños de sistemas multihaz de banda de 6/4 GHz del futuro, sería mucho más pequeño que el haz de recepción no OSG e implicaría, por tanto, que se considerase solamente una estación terrena transmisora no OSG utilizando la misma frecuencia para el cálculo de la interferencia del enlace ascendente. Sin embargo, para tener en cuenta la situación de traspaso, en el análisis de la interferencia de enlace ascendente a corto plazo se supondrá la presencia de dos estaciones como ésa.

- U4: Véanse los comentarios del elemento de datos U3 de datos en relación con la ganancia de antena receptora de satélite OSG máxima. La hipótesis conservadora de U3 de un haz puntual en recepción de 1,7° dará lugar a una ganancia de cresta en recepción OSG de aproximadamente 40 dBi, y este valor se utilizará en el cálculo de la interferencia.
- U5: Temperatura de ruido del sistema de recepción con atmósfera despejada del enlace ascendente OSG se supone que es, adoptando un valor conservador, de 600 K. Este valor corresponde a un receptor de satélite con calidad de funcionamiento bastante buena, y con él se desechan, por esa misma posición conservadora, cualesquiera degradaciones causadas en el enlace global imputables al enlace en sentido descendente.

En el Cuadro 2 se da el cálculo, con los valores de los parámetros fundamentales, indicados más arriba de la interferencia del enlace ascendente del caso más desfavorable (corto plazo) provocada por un sistema no OSG en cualquier red OSG que utiliza la misma frecuencia. Se muestran en el Cuadro dos columnas para el cálculo; una correspondiente a la condición de atmósfera despejada y otra a la condición de pluviosidad en la que el control de potencia del enlace ascendente provoca el incremento máximo de potencia de transmisión disponible para contrarrestar el desvanecimiento debido a la lluvia. De hecho, el cálculo en condiciones de atmósfera despejada proporciona la evaluación más realista de la situación de interferencia en el enlace en sentido ascendente porque, en condiciones de desvanecimiento debido a la lluvia, se puede suponer además que el trayecto de la señal interferente experimenta un desvanecimiento de aproximadamente el mismo valor que el trayecto de la señal deseada en el sistema USAKU-H2. Los niveles de interferencia mostrados en condiciones de lluvia podrían darse también si en la línea de visibilidad directa de la estación terrena USAKU-H2 transmisora al satélite OSG no se produjesen atenuaciones estando en cambio la línea de visibilidad directa al satélite USAKI-H2 plenamente atenuada. Esa condición es sumamente rara y, si ocurriera alguna vez, su duración sería breve en extremo.

La metodología de cálculo del Cuadro 2 es similar a la aplicada para el enlace descendente (Cuadro 1) y descrita más arriba utilizando los elementos de datos U1 a U5 anteriores.

Como ya se ha indicado, los valores de  $\Delta T/T$  derivados de este análisis serían recibidos sólo a corto plazo (unos 20 s cada 8 h, o menos del 0,1% del tiempo). Los valores de  $I_0/N_0$  a largo plazo serían como mínimo 3 dB inferiores porque la estación terrena no OSG sólo estaría transmitiendo a un satélite. Esta reducción de 3 dB daría lugar a unos valores de  $\Delta T/T$  de 0,418% para atmósfera despejada y 0,873% cuando se utilizara el control de potencia en situaciones de desvanecimiento debido a la lluvia.

## CUADRO 2

**Análisis de la interferencia de enlace ascendente del caso más desfavorable provocada por una estación terrena USAKU-H2 transmisora en un satélite OSG receptor en la banda de frecuencia 5 925-6 725 MHz**

<b>Parámetro</b>	<b>Valor (atmósfera despejada)</b>	<b>Valor (lluvia)</b>
Máxima densidad espectral de potencia en la antena de la estación terrena en 4 kHz (dB(W/4 kHz))	-25,0	-21,8
Ángulo de evitación de la órbita OSG (grados)	40	40
Ganancia de la estación terrena USAKU-H2 transmisora hacia el satélite OSG (dBi)	-4,1	-4,1
Densidad espectral de p.i.r.e. de estación terrena USAKU-H2 transmisora hacia el satélite OSG en 4 kHz (dB(W/4 kHz))	-29,1	-25,9
d <sub>fp</sub> en el satélite OSG en 4 kHz (dB(W/(m <sup>2</sup> · 4 kHz)))	-191,2	-188,0
Frecuencia (MHz)	6 325	6 325
Ganancia supuesta del satélite OSG receptor hacia la estación terrena USAKU-H2 (dBi)	40	40
Abertura efectiva del satélite OSG receptor hacia la estación terrena USAKU-H2 (dBm <sup>2</sup> )	2,5	2,5
Potencia de señal interferente de satélite OSG receptor en 4 kHz (dB(W/4 kHz))	-188,6	-185,4
Densidad espectral de potencia de la señal interferente del satélite OSG receptor (una estación terrena USAKU-H2) (dB(W/Hz))	-224,7	-221,5
Densidad espectral de potencia de la señal interferente del satélite OSG receptor (dos estaciones terrenas USAKU-2) (dB(W/Hz))	-221,7	-218,5
Temperatura del ruido del sistema del satélite OSG receptor (K)	600	600
Densidad espectral de potencia del ruido del sistema de satélite OSG receptor (dB(W/Hz))	-200,8	-200,8
$I_0/N_0$ a la entrada del satélite OSG receptor (corto plazo) (dB)	-20,8	-17,6
Degradación $\Delta T/T$ del satélite OSG receptor (corto plazo) (%)	0,824	1,721