

## RECOMENDACIÓN UIT-R S.1655

**Técnicas de reducción de la interferencia y compartición de frecuencias en las bandas 37,5-42,5 GHz y 47,2-50,2 GHz entre redes del servicio fijo por satélite con satélites geostacionarios y sistemas del servicio fijo por satélite con satélites no geostacionarios**

(Cuestión UIT-R 231/4)

(2003)

La Asamblea de Radiocomunicaciones de la UIT,

*considerando*

- a) que las bandas 37,5-42,5 GHz y 47,2-50,2 GHz están atribuidas al SFS;
- b) que cada vez hay más interés en explotar en estas bandas de frecuencias las redes del SFS OSG y los sistemas del SFS no OSG que utilizan la órbita terrestre baja (LEO) o la órbita terrestre media (MEO);
- c) que con los sistemas del SFS se pretenden proporcionar velocidades de transmisión de datos que varían desde la calidad de videoconferencia hasta la transmisión a muy alta velocidad de STM-1 (155 Mbit/s) o mayor, hasta 10 STM-4 (6,22 Gbit/s);
- d) que la mayoría de los sistemas del SFS planificados para funcionar en estas bandas de frecuencias están diseñados para utilizar 3 GHz de espectro radioeléctrico en el sentido Tierra-espacio y 3 GHz o más en el sentido espacio-Tierra;
- e) que en algunas partes de la banda 37,5-42,5 GHz, la mayoría de los sistemas del SFS tienen previsto utilizar antenas de estación terrena terminal de alta ganancia y haz estrecho para sus enlaces de usuarios, generalmente de 1 m de diámetro, así como proporcionar al menos una disponibilidad del enlace del 99,7% de extremo a extremo;
- f) que en algunas partes de la banda 37,5-42,5 GHz, los sistemas del SFS pueden necesitar utilizar antenas de estación terrena terminal más grandes, de hasta 3 m de diámetro, para las aplicaciones de pasarela/concentrador incluyendo las estaciones terrenas individualmente coordinadas situadas en puntos geográficamente dispersos y que estas aplicaciones requieren una disponibilidad del enlace de extremo a extremo de al menos el 99,9%;
- g) que algunos sistemas de satélites están diseñados para funcionar en sólo una pequeña fracción del campo de visión de los satélites y generalmente proporcionan menos del 5% de la cobertura del campo de visión de sus satélites;
- h) que las degradaciones de propagación son severas en esta gama de frecuencias;
- j) que la mayoría de los sistemas del SFS diseñados para funcionar en las bandas de 50/40 GHz no tienen previsto utilizar polarización doble en el mismo haz y en la misma zona debido a las fuertes degradaciones por despolarización en condiciones de propagación adversas; sin embargo, las polarizaciones dobles para los sistemas del SFS que funcionan en estas bandas pueden utilizarse en haces distintos que estén separados geográficamente,

*recomienda*

- 1 que para facilitar la compartición de frecuencias entre las redes del SFS OSG y los sistemas del SFS no OSG en las bandas 37,5-42,5 GHz y 47,2-50,2 GHz se utilice como técnica de reducción de la interferencia el funcionamiento con polarizaciones opuestas. Los Anexos 1 y 2 a esta Recomendación describen esta técnica de reducción de la interferencia (véanse las Notas 1 y 2);

2 que se haga posible la compartición de una parte de estas bandas entre los sistemas del SFS OSG y las redes del SFS no OSG, utilizando antenas de satélite de haz estrecho y alta ganancia, y proporcionando una separación geográfica apropiada entre las estaciones terrenas de los dos sistemas (véase el Anexo 3);

3 que se apliquen otras técnicas de reducción de la interferencia, como las del Anexo 3, según las características del sistema.

NOTA 1 – La aplicación de la técnica de reducción de la interferencia descrita en los Anexos 1 y 2 a los sistemas del SFS no OSG que utilizan LEO, puede requerir estudios ulteriores debido a las distintas características variables en el tiempo de las LEO y MEO de los sistemas del SFS. Cuando un sistema del SFS no OSG deba compartir frecuencias con una red del SFS OSG, ésta con polarización opuesta a la de aquél, todos los demás sistemas del SFS no OSG que cubran la misma zona geográfica habrán de utilizar el mismo tipo y sentido de polarización que el primer sistema, o emplearán un método para evitar el acoplamiento de haz principal a haz principal de la interferencia copolar (como la diversidad de satélite). Además, debido a que los sistemas del SFS no OSG se diseñan para ofrecer una cobertura mundial y a la posible restricción derivada del hecho de que las redes del SFS OSG tengan una sola polarización, se debe estudiar con más detalle el tema para poder garantizar que la utilización de esta técnica no perjudique el uso eficaz de las bandas 50/40 GHz.

NOTA 2 – Para el sistema estudiado en los Anexos 1 y 2, el Anexo 3 considera las ventajas e inconvenientes de otras técnicas de reducción de la interferencia.

## Anexo 1

### **Compartición de frecuencias entre sistemas del SFS no OSG y redes del SFS OSG que funcionan en las bandas 50/40 GHz utilizando antenas de estación terrena de alta ganancia y haz estrecho**

#### **1 Introducción**

Este Anexo presenta los resultados de la simulación relativos a la viabilidad de la compartición codireccional de frecuencias entre un sistema del SFS no OSG y una red del SFS OSG en las bandas 47,2-50,2 GHz y 37,5-42,5 GHz. En este estudio, se utiliza el LEO V2 como un ejemplo de sistema del SFS no OSG. Se toman las características del GSO V1 como representativas de las redes de satélites OSG.

Se resumirán dos casos de interferencia. El primer caso presenta los resultados de la simulación sin utilizar ninguna técnica de reducción de la interferencia cuando los sistemas funcionan con polarizaciones iguales y opuestas. En el segundo caso, se utiliza diversidad de satélites como técnica de reducción de la interferencia para disminuir los niveles de interferencia en el satélite y en los receptores de los terminales de usuario.

#### **2 Características técnicas del sistema**

Las características orbitales del sistema LEO V2 aparecen en el Cuadro 1. Los Cuadros 2 y 3 muestran, respectivamente, los parámetros del sistema de comunicaciones por satélite y del sistema de comunicaciones del terminal de usuario para ambos sistemas.

CUADRO 1

**Parámetros orbitales del sistema LEO V2**

Número de satélites	15
Número de planos orbitales	3
Número de satélites por plano	5
Altitud	10 355 km
Ángulo de inclinación	50°
Periodo de la órbita	6 h
Separación entre planos	120°
Desfase de satélite de plano a plano	24°
Designación de Walker	15/3/1

CUADRO 2

**Parámetros del sistema de comunicaciones por satélite**

	LEO V2	GSO V1
Gama de frecuencias de recepción (GHz)	47,2 a 50,2	
Anchura de banda de recepción (GHz)	3	
Ganancia de la antena de recepción (dBi)	46,5	53,0
Anchura de haz a 3 dB (grados)	0,82	0,39
Temperatura de ruido del sistema de recepción	728 K o 28,6 dBK	
Gama de frecuencias de transmisión (GHz)	37,5 a 42,5	
Anchura de banda de transmisión (GHz)	3	
p.i.r.e. de transmisión (dBW)	48,9 a 58,9 Dependiendo de la velocidad de transmisión de datos	57,5 a 66,4 Dependiendo de la velocidad de transmisión de datos y del tamaño de la antena del usuario
Ganancia de la antena de transmisión (dBi)	46,5	53,0
Anchura de haz a 3 dB (grados)	0,82	0,39
Densidad de potencia de transmisión hacia la antena (máxima) (dB(W/Hz))	-81,3	

CUADRO 3

**Parámetros del sistema de comunicaciones del terminal de usuario**

	LEO V2	GSO V1
Gama de frecuencias de transmisión (GHz)	47,2 a 50,2	
Anchura de banda de transmisión (GHz)	3	
p.i.r.e. de transmisión (dBW)	54,7 a 78,9 Dependiendo de la velocidad de transmisión de datos y de las condiciones de propagación	56,6 a 80,0 Dependiendo de la velocidad de transmisión de datos y de las condiciones de propagación
Ganancia de la antena de transmisión (dBi)	59,7	59,7 (2,2 m) 60,8 (2,5 m)

CUADRO 3 (Fin)

	LEO V2	GSO V1
Anchura de haz a 3 dB (grados)	0,19	0,19 (2,2 m) 0,17 (2,5 m)
Densidad de potencia de transmisión hacia la antena (dB(W/Hz))	-89,7 a -75,5 Dependiendo de la velocidad de transmisión de datos y de las condiciones de propagación	-87,8 a -75 Dependiendo de la velocidad de transmisión de datos y de las condiciones de propagación
Gama de frecuencias de recepción (GHz)	37,5 a 42,5	
Anchura de banda de recepción (GHz)	3	
Ganancia de la antena de recepción (dBi)	57,8	57,8 (2,2 m) 59,0 (2,5 m)
Anchura de haz a 3 dB (grados)	0,24	0,24 (2,2 m) 0,21 (2,5 m)
Temperatura de ruido de la antena de recepción	353 K o 25,48 dBK	

### 3 Análisis de la interferencia

En el análisis de la interferencia se han efectuado cálculos para dos casos distintos:

- con discriminación por polarización opuesta; y
- utilización de diversidad de satélites como técnica de reducción de la interferencia.

Debido a la naturaleza intermitente de la interferencia «en línea», ésta debe expresarse en forma de márgenes de interferencia a corto plazo. Actualmente, no existen criterios sobre niveles de interferencia aceptable entre redes del SFS OSG y sistemas del SFS no OSG en las bandas 38/50 GHz. Sin embargo, los sistemas LEO V2 y GSO V1 están diseñados para alcanzar una mínima disponibilidad del enlace del 99,5%. El diseñador atribuye el 10% del 0,5% de las interrupciones del enlace, es decir el 0,05%, a la interferencia a corto plazo procedente de otros sistemas de satélites, tanto redes del SFS OSG como sistemas del SFS no OSG que funcionan en estas bandas de frecuencias. La mitad de esta última cantidad (0,025%) se atribuye a la interferencia procedente de los sistemas de satélites OSG.

Los sistemas LEO V2 y GSO V1 se diseñan para mantener un margen del enlace de 3 dB, es decir, la relación entre la potencia de la portadora y la densidad de potencia de ruido,  $C/N_0$ , se mantiene 3 dB por encima del valor correspondiente a la calidad del enlace solicitada. Por consiguiente, el criterio de interferencia apropiado para LEO V2 y GSO V1 es que la relación  $I_0/N_0$  no rebase el valor de 0 dB durante más del 0,025% del tiempo. La interferencia calculada para los enlaces ascendente y descendente se basó en lo siguiente:

- las estaciones terrenas terminales del SFS no OSG y SFS OSG están coubicadas. La latitud y longitud de la ubicación común de los terminales son 43,4° N y 70,2° W, respectivamente;
- tanto los sistemas del SFS no OSG como las redes del SFS OSG utilizan control de potencia del enlace ascendente adaptable para establecer un margen en condiciones de cielo despejado de 3 dB. No hay ningún control de potencia en el enlace descendente;
- los diagramas de radiación de la antena de transmisión y recepción del terminal de usuario se basan en la Recomendación UIT-R S.580;

- los diagramas de radiación contrapolar de la antena de transmisión y recepción del terminal de usuario se basan en la Recomendación UIT-R S.731;
- los diagramas de radiación de la antena de transmisión y recepción del satélite se basan en la Recomendación UIT-R S.672;
- los diagramas de radiación contrapolar de la antena de transmisión del satélite se basan en el Apéndice 30 del Reglamento de Radiocomunicaciones (CMR-2000);
- la relación  $E_b/N_0$  necesaria es de 8,0 dB;
- condición de cielo despejado;
- en este estudio se utilizó una estación terrena terminal con antenas transmisora y receptora de 2,2 m de diámetro.

#### 4 Resultados de la simulación

Se llevó a cabo una simulación de 15 satélites no OSG y un satélite OSG ubicado en 82,44° W durante un periodo de 24 h y con intervalos de tiempo de 1 s.

##### 4.1 Caso 1: Polarización opuesta

- Los satélites del LEO V2 y el GSO V1 funcionan con polarizaciones opuestas.

Las Figs. 1 y 2 son una muestra de los resultados obtenidos en términos del porcentaje de tiempo durante el cual se rebasa la relación  $I_0/N_0$  en los receptores no OSG y OSG cuando ambos sistemas funcionan con polarizaciones opuestas. Los niveles de interferencia que se rebasan durante el 0,025% del tiempo en el terminal de usuario OSG y en los receptores de los satélites no OSG son, respectivamente,  $I_0/N_0 = -9$  dB e  $I_0/N_0 = -17$  dB.

FIGURA 1

% de tiempo en el que se rebasa la relación  $I_0/N_0$  en el receptor de la estación terrena OSG

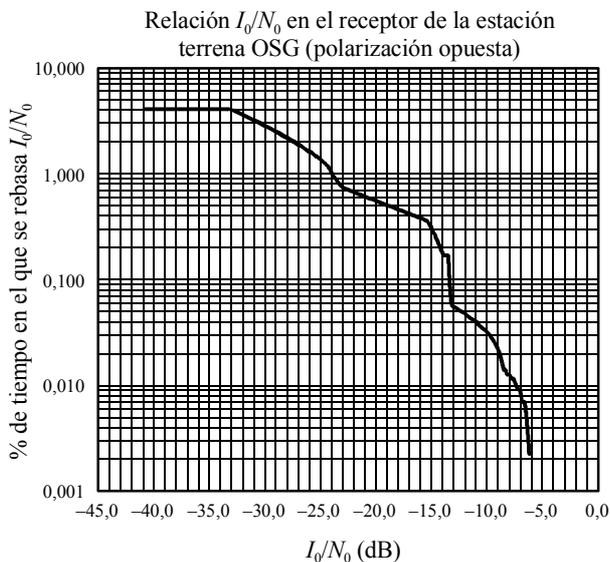
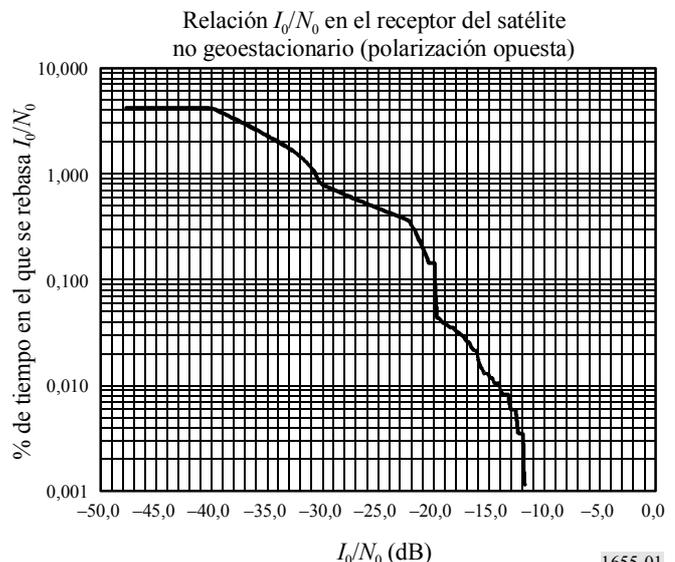


FIGURA 2

% de tiempo en el que se rebasa la relación  $I_0/N_0$  en el receptor de satélite no OSG



## 4.2 Caso 2: Diversidad de satélites

Se puede utilizar la diversidad de satélites para reducir los niveles de interferencia en los receptores del satélite y del terminal de usuario. En este caso, se supone que los sistemas funcionan con la misma polarización.

Conviene estudiar la posibilidad de utilizar la diversidad de satélites para reducir los niveles de interferencia en los receptores de la estación terrena terminal y de los satélites OSG y no OSG. Esta técnica especifica que para evitar la interferencia en línea cuando el ángulo de separación entre un satélite no OSG y un satélite OSG visto desde una estación terrena es menor que  $X^\circ$ , el usuario no OSG debe conmutar el tráfico a un satélite a la vista alternativo.

En este estudio, se supone que el sistema de satélites OSG tiene doble cobertura proporcionada por al menos dos satélites en distintas posiciones orbitales. Generalmente, no es usual esta situación en los sistemas de satélites OSG. Es más habitual en los sistemas del SFS no OSG que utilizan órbitas circulares, la doble cobertura por al menos dos satélites en distintas posiciones orbitales. Además, se supone que ambos sistemas funcionan con la misma polarización y los usuarios de su sistema pueden comunicarse con cualquiera de los satélites del sistema a la vista.

Las Figs. 3 y 4 representan los niveles de interferencia en los receptores de la estación terrena terminal OSG y del satélite no OSG cuando se utiliza la técnica de diversidad de satélites. En este estudio, cuando el ángulo de separación,  $X$ , entre un satélite no OSG y un satélite OSG visto desde una estación terrena cae por debajo de  $0,5^\circ$ , el usuario del SFS OSG conmuta el tráfico a un satélite alternativo. Los niveles de interferencia en los receptores del satélite y del terminal de usuario del SFS no OSG y OSG están por debajo de los criterios de interferencia.

En las Figs. 3 y 4 se proporciona una muestra de los resultados.

FIGURA 3

% de tiempo en el que se rebasa la relación  $I_0/N_0$  en el receptor de la estación terrena OSG ( $X = 0,5^\circ$ )

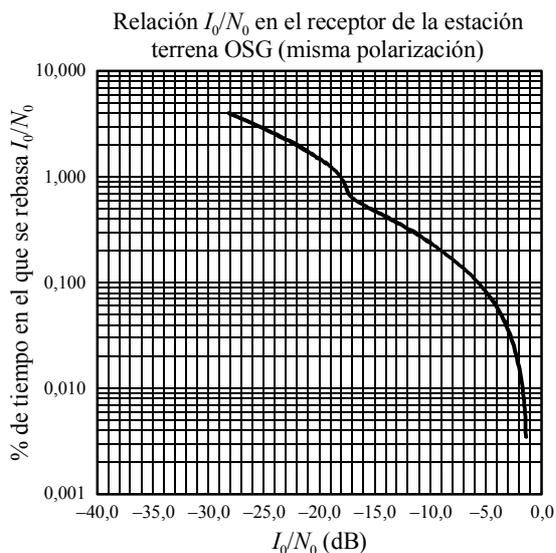
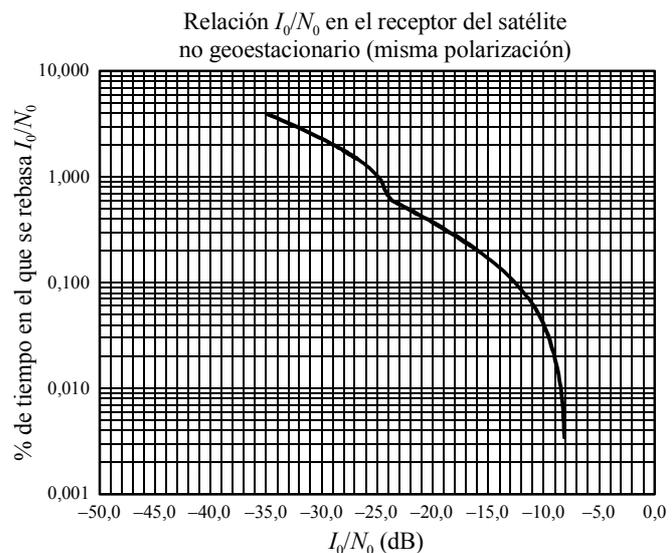


FIGURA 4

% de tiempo en el que se rebasa la relación  $I_0/N_0$  en el receptor de satélite no OSG ( $X = 0,5^\circ$ )



$X$ : mínimo ángulo de separación entre los satélites no OSG y OSG vistos desde una estación terrena.

## 5 Conclusiones

En el siguiente Cuadro se presenta un resumen de los resultados de la simulación:

	$I_0/N_0$ (rebasado durante el 0,025% del tiempo)		$I_0/N_0$ (rebasado durante el 0,025% del tiempo)
	Misma polarización: ninguna técnica de reducción de la interferencia (dB)	Polarización opuesta (dB)	Misma polarización: utilización de la técnica de reducción de la interferencia por diversidad de satélites (a 0,5°) (dB)
Receptor del terminal de usuario no OSG	11	-13	-6
Receptor del satélite no OSG	6	-17	-9
Receptor del terminal de usuario OSG	15	-9	-2,5
Receptor del satélite OSG	0	-24	-16

Basándose en los resultados de los estudios, se pueden obtener las siguientes conclusiones:

- La compartición de frecuencias entre los sistemas del SFS no OSG y las redes del SFS OSG que funcionan en las bandas de frecuencias 47,2-50,2 GHz y 37,5-42,5 GHz podría no ser posible, sin imponer técnicas complejas de reducción de interferencia en las redes del SFS OSG y en los sistemas del SFS no OSG, si los dos sistemas funcionan con la misma polarización. Sin embargo, cuando los sistemas funcionan con polarizaciones opuestas, puede ser posible la compartición de frecuencias.
- Si se utiliza la diversidad de satélites como técnica de reducción de la interferencia, la compartición de frecuencias entre sistemas del SFS no OSG y redes del SFS OSG es posible aun cuando funcionen con la misma polarización.

La compartición de frecuencias entre sistemas del SFS no OSG y redes del SFS OSG que funcionan en las bandas 47,2-50,2 GHz y 37,5-42,5 GHz es posible cuando los sistemas emplean polarizaciones opuestas o utilizan diversidad de satélites si el ángulo de conmutación de diversidad,  $X$ , en la estación terrena es de 0,5° o mayor.

## Anexo 2

### Compartición de frecuencias entre los sistemas del SFS no OSG y las redes del SFS OSG que funcionan en las bandas 50/40 GHz utilizando antenas de estación terrena terminal de pequeño tamaño

#### 1 Introducción

Este Anexo presenta los resultados de la simulación relacionados con la viabilidad de la compartición de frecuencias codireccional entre sistemas del SFS no OSG y redes del SFS OSG que funcionan con antenas de estación terrena terminal de pequeño tamaño.

Los estudios han revelado que sin técnicas de reducción de interferencia, tales como la diversidad de satélites, el aislamiento geográfico, etc., la compartición de frecuencias entre sistemas del SFS no OSG y redes del SFS OSG no es posible cuando funcionan con la misma polarización.

En este Anexo se presentan solamente los resultados de la simulación cuando los sistemas funcionan con polarizaciones opuestas.

## 2 Características técnicas del sistema

En el Cuadro 1 figuran los parámetros orbitales de un sistema del SFS no OSG. En los Cuadros 4 y 5 aparecen, respectivamente, los parámetros del sistema de comunicaciones por satélite y del sistema de comunicaciones del terminal de usuario tanto para un sistema del SFS no OSG (LEO V2) como para una red del SFS OSG (GSO V1).

CUADRO 4

### Parámetros del sistema de comunicaciones por satélite

Parámetros	No OSG (LEO V2)	OSG (GSO V1)
Gama de frecuencias de recepción (GHz)	47,2 a 50,2	
Ganancia de la antena de recepción (dBi)	46,5	53,0
Temperatura de ruido del sistema de recepción (K)	728	
Gama de frecuencias de transmisión (GHz)	37,5 a 42,5	
Ganancia de la antena de transmisión (dBi)	46,5	53,0
Densidad de potencia de transmisión hacia la antena (máxima) (dB(W/Hz))	-71	-73

CUADRO 5

### Parámetros del sistema de comunicaciones del terminal de usuario

Parámetros	No OSG (LEO V2)	OSG (GSO V1)
Frecuencia de transmisión (GHz)	47,5-50,2	
Frecuencia de recepción (GHz)	37,5-42,5	
Ganancia de la antena de transmisión (dBi)	47	
Tamaño de la antena (m)	0,5	
$E_b/N_0$ necesaria en el enlace ascendente (dB)	10	
Otras pérdidas (atmosféricas, centelleo, puntería) (dB)	3,4	
Margen de control de potencia en el enlace ascendente (dB)	3	
Ganancia de la antena de recepción (dBi)	45	
Tamaño de la antena (m)	0,5	
Temperatura de ruido de la antena de recepción (K)	800	
Degradación debida a la interferencia (dB)	1,5	

### 3 Análisis de interferencia

La interferencia calculada en los enlaces ascendente y descendente se basó en lo siguiente:

- las estaciones terrenas terminales del SFS no OSG y el SFS OSG están coubicadas. La latitud y longitud de la ubicación común de los terminales son 43,4° N y 70,2° W, respectivamente;
- tanto los sistemas del SFS no OSG como las redes del SFS OSG utilizan control de potencia adaptable para establecer un margen en condiciones de cielo despejado de 3 dB;
- los diagramas de la antena de transmisión y recepción del terminal de usuario se basan en la Recomendación UIT-R S.580;
- los diagramas de radiación contrapolar de la antena de transmisión y recepción del terminal de usuario se basan en la Recomendación UIT-R S.731;
- los diagramas de la antena de transmisión y recepción del satélite se basan en la Recomendación UIT-R S.672;
- la relación  $E_b/N_0$  necesaria es de 10,0 dB;
- condición de cielo despejado;
- en este estudio se utilizó una estación terrena terminal con antenas de transmisión y recepción de 0,5 m.

### 4 Resultados de la simulación

Se llevó a cabo una simulación de 15 satélites no OSG y un satélite OSG ubicado a 82,44° W durante un periodo de 24 h y con intervalos de tiempo de 1 s.

En las Figs. 5, 6, 7 y 8 se representan los resultados obtenidos en términos del porcentaje de tiempo durante el que se rebasa la relación  $I_0/N_0$  en los receptores del satélite y de la estación terrena cuando ambos sistemas funcionan con polarizaciones opuestas. En esta simulación se utilizó una antena de estación terrena terminal de 0,5 m. En el caso más desfavorable, la relación  $I_0/N_0$ , en el receptor del satélite no OSG es de -8 dB según se ilustra en la Fig. 7. Por consiguiente, la degradación de la interferencia «en línea» para el caso más desfavorable es de sólo 0,64 dB.

Basándose en los resultados de la simulación, según se muestra en las Figs. 5, 6, 7 y 8, la compartición de frecuencias entre sistemas del SFS no OSG y redes del SFS OSG que funcionan con antenas pequeñas de la estación terrena terminal, es posible cuando dichos sistemas funcionan con polarizaciones opuestas.

Debe señalarse que el aislamiento por polarización puede degradarse debido a la lluvia durante un pequeño porcentaje de tiempo. Sin embargo, la probabilidad de que aparezca interferencia «en línea» ( $P(\text{«en línea»})$ ) entre sistemas del SFS no OSG y redes del SFS OSG es muy pequeña como puede observarse a continuación:

$$P(\text{«en línea» y lluvia}) = P(\text{«en línea»}) P(\text{lluvia medible}) = (0,1\%) (5\%) = 0,005\%,$$

siendo:

$P(\text{«lluvia»})$  el porcentaje de tiempo durante el cual se producen normalmente precipitaciones en forma de lluvia en climas templados.

FIGURA 5

% de tiempo en el que se rebasa la relación  $I_0/N_0$  en el receptor del satélite OSG

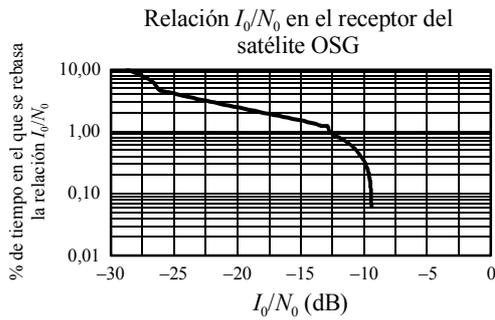


FIGURA 6

% de tiempo en el que se rebasa la relación  $I_0/N_0$  en el receptor de la estación terrena OSG

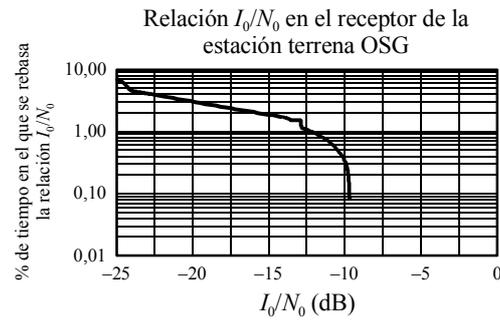


FIGURA 7

% de tiempo en el que se rebasa la relación  $I_0/N_0$  en el receptor del satélite no OSG

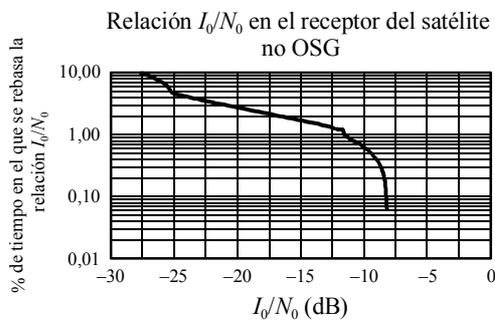
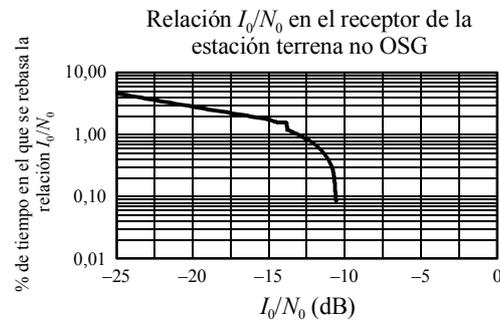


FIGURA 8

% de tiempo en el que se rebasa la relación  $I_0/N_0$  en el receptor de la estación terrena no OSG



1655-05

## 5 Conclusiones

La compartición de frecuencias entre sistemas del SFS no OSG y redes del SFS OSG que funcionan en las bandas de frecuencias 47,2-50,2 GHz y 37,5-42,5 GHz es posible aun utilizando una antena de pequeño tamaño en la estación terrena terminal, si estos sistemas emplean polarizaciones opuestas.

## Anexo 3

### Otras técnicas de reducción de la interferencia

#### 1 Introducción

Los estudios indican que es posible la compartición de frecuencias entre sistemas del SFS no OSG y redes del SFS OSG si funcionan con polarizaciones opuestas o si se utiliza diversidad de satélites cuando el ángulo de separación entre un satélite no OSG y uno OSG visto desde una estación terrena terminal es menor de  $X^\circ$ . Se han estudiado además otras técnicas de reducción de la interferencia, tal como el aislamiento geográfico entre las estaciones. La segmentación de bandas no se considera como una técnica de reducción de interferencia; sin embargo, el tema se tratará en este Anexo.

## 2 Antecedentes

En octubre de 2001 hay un considerable número de redes del SFS OSG y sistemas del SFS no OSG que tienen previsto funcionar en las bandas de frecuencias 37,5-42,5 GHz y 47,2-50,2 GHz. Estos sistemas proporcionarán velocidades de transmisión de datos que varían desde la calidad de videoconferencia hasta la transmisión a muy alta velocidad STM-1 (155 Mbit/s) o mayor, hasta 10 STM-4 (6,22 Gbit/s). La mayoría de los sistemas del SFS planificados para funcionar en estas bandas requieren al menos 3 GHz de espectro radioeléctrico en sus enlaces descendentes y exactamente 3 GHz en sus enlaces ascendentes.

Además, las bandas 37,5-40,0 GHz y 42,0-42,5 GHz se han identificado para su utilización por los sistemas del SFS en aplicaciones de baja densidad del SFS, tal como las aplicaciones de pasarela/concentrador. Por consiguiente, los sistemas del SFS que funcionan en estas bandas pueden necesitar una antena mayor de 2 m de diámetro y cada sistema puede tener un pequeño número de pasarelas/concentradores.

La banda 37,5-42,5 GHz o parte de ella puede utilizarse para aplicaciones de alta densidad del SFS, tales como antenas de estación terrena terminal de pequeño tamaño. La mayoría de los sistemas del SFS no OSG y redes del SFS OSG se planifican para utilizar redes de satélites con carga útil a través de haces múltiples para prestar servicio mediante un esquema multihaz con reutilización de frecuencias. Se necesitan al menos 500 MHz de anchura de banda para cada haz. Con el fin de lograr la  $C/(N+I)$  necesaria, es necesario un esquema de reutilización de frecuencias cuádruple o superior. Por lo tanto, cada sistema requiere al menos 2 GHz de espectro radioeléctrico para sus enlaces de usuario en cada sentido.

## 3 Ventajas e inconvenientes de cada una de las técnicas de reducción de la interferencia

### 3.1 Polarización opuesta

Como la degradación de la propagación es severa en las bandas 50/40 GHz, la mayoría de los sistemas se planifican de manera que utilicen una polarización única por haz dentro de una zona de cobertura. Las ventajas e inconvenientes de utilizar polarización única son:

#### Ventajas

- No se necesita coordinación previa entre los sistemas del SFS no OSG y redes del SFS OSG.
- Bajo coste de implantación.
- Reducido valor de la relación peso/potencia del satélite y menor coste del mismo.
- Menor complejidad de la estación terrena terminal.
- Las cargas de realización (coste, complejidad) se reparten equitativamente entre los sistemas del SFS no OSG y las redes del SFS OSG.

#### Inconvenientes

- Cada sistema utiliza sólo una polarización.
- No puede sacarse la máxima eficacia al espectro si no es igual la demanda de las redes del SFS OSG y los sistemas del SFS no OSG.

### 3.2 Diversidad de satélites o evitación del arco

El uso de la diversidad de satélites o la evitación del arco se ha considerado como una técnica de reducción de la interferencia para evitar la misma entre el haz principal y el haz principal mediante la conmutación del tráfico a un satélite alternativo. Las ventajas e inconvenientes de esta técnica son:

#### Ventajas

- Cada sistema puede utilizar doble polarización.

#### Inconvenientes

- La diversidad de satélites no es apropiada para los sistemas de satélites OSG; se impondrían restricciones técnicas y económicas a las redes del SFS OSG y se reduciría la eficacia del recurso órbita/espectro.
- Añade complejidad y aumenta los costes de las antenas de la estación terrena terminal.
- Los sistemas del SFS no OSG deben conmutar a otros satélites no OSG a la vista para evitar interferencia en línea. Esto impondría limitaciones a los sistemas del SFS no OSG.
- Requiere doble cobertura.

### 3.3 Aislamiento geográfico entre las estaciones terrenas

Los estudios confirmaron que el aislamiento geográfico de las estaciones terrenas es un método eficaz de reducción de la interferencia. Las ventajas e inconvenientes de esta técnica son:

#### Ventajas

- Cada sistema puede utilizar doble polarización.
- En el caso de pasarela/concentrador, cada sistema puede tener un pequeño número de estaciones de cabecera. Este método es aceptable para las aplicaciones de tipo pasarela.
- Las pasarelas del SFS no OSG y del SFS OSG pueden utilizar la doble polarización para diferentes haces, si la distancia de separación entre las dos pasarelas es del orden de 200 km.

#### Inconvenientes

- Requiere una mínima distancia de separación entre las dos estaciones terrenas.
- Este método podría no ser aceptable para aplicaciones de alta densidad en el SFS.

## 4 Conclusiones

Basándose en los estudios, se llega a la conclusión de que las técnicas de reducción de interferencia, tales como la diversidad de satélites o la evitación del arco, aumentan la complejidad y el coste del sistema. Otras técnicas de reducción de la interferencia, tales como el funcionamiento con polarizaciones opuestas y/o el aislamiento geográfico para las aplicaciones de pasarela, pueden reducir la complejidad y el coste del sistema. Sin embargo, si la demanda de redes del SFS OSG y sistemas del SFS no OSG no es igual, no puede extraerse la máxima eficacia en la utilización del espectro radioeléctrico.

---