

Unión Internacional de Telecomunicaciones

**UIT-R**

Sector de Radiocomunicaciones de la UIT

**Recomendación UIT-R S.1782-1**  
(09/2019)

**Directrices para el acceso mundial a  
Internet en banda ancha con sistemas del  
servicio fijo por satélite**

**Serie S**  
**Servicio fijo por satélite**



Unión  
Internacional de  
Telecomunicaciones

## 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 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
<b>BO</b>	Distribución por satélite
<b>BR</b>	Registro para producción, archivo y reproducción; películas en televisión
<b>BS</b>	Servicio de radiodifusión (sonora)
<b>BT</b>	Servicio de radiodifusión (televisión)
<b>F</b>	Servicio fijo
<b>M</b>	Servicios móviles, de radiodeterminación, de aficionados y otros servicios por satélite conexos
<b>P</b>	Propagación de las ondas radioeléctricas
<b>RA</b>	Radio astronomía
<b>RS</b>	Sistemas de detección a distancia
<b>S</b>	<b>Servicio fijo por satélite</b>
<b>SA</b>	Aplicaciones espaciales y meteorología
<b>SF</b>	Compartición de frecuencias y coordinación entre los sistemas del servicio fijo por satélite y del servicio fijo
<b>SM</b>	Gestión del espectro
<b>SNG</b>	Periodismo electrónico por satélite
<b>TF</b>	Emisiones de frecuencias patrón y señales horarias
<b>V</b>	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, 2020

© UIT 2020

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 S.1782-1

**Directrices para el acceso mundial a Internet en banda ancha con sistemas del servicio fijo por satélite\***

(2007-2019)

**Cometido**

Con el fin de abordar cuestiones planteadas en anteriores Conferencias Mundiales de Radiocomunicaciones y Asambleas de Radiocomunicaciones, en la presente Recomendación se proporcionan directrices para el acceso mundial a Internet de banda ancha con sistemas del servicio fijo por satélite. En el primer anexo se abarcan varias cuestiones de índole general sobre el examen de bandas de frecuencias adecuadas y se facilita una descripción general de la arquitectura de los servicios de banda ancha por satélite. En el segundo anexo se describen los sistemas de satélites, tanto los actuales como los futuros, que proporcionan acceso de banda ancha a escala mundial directamente a antenas de estaciones terrenas de pequeño tamaño, así como las características de los sistemas y la capacidad de los satélites. Cabe señalar que el servicio fijo por satélite comprende redes y sistemas, tanto OSG como no OSG, y en consecuencia, ambos se abarcan en la presente Recomendación.

**Palabras clave**

Banda ancha, acceso a Internet, sistemas del servicio fijo por satélite

**Abreviaturas/Glosario**

ACM	Codificación y modulación adaptables ( <i>adaptive coding and modulation</i> )
DVB	Radiodifusión de vídeo digital ( <i>digital video broadcasting</i> )
DVB-S2	Radiodifusión de vídeo digital por satélite de segunda generación ( <i>second generation digital video broadcasting via satellite</i> )
DVB-S2X	Extensión de la radiodifusión de vídeo digital por satélite de segunda generación ( <i>extension of second generation digital video broadcasting via satellite</i> )
ETSI	Instituto Europeo de Normas de Telecomunicación ( <i>european telecommunications standards institute</i> )
HDFSS	Servicio fijo por satélite de alta densidad ( <i>high-density fixed-satellite service</i> )
HTS	Satélite de alto rendimiento ( <i>high-throughput satellite</i> )
OSG	Órbita de satélite geoestacionario
SFS	Servicio fijo por satélite
VHTS	Satélite de muy alto rendimiento ( <i>very high-throughput satellite</i> )

**Recomendaciones, Informes y Resoluciones del UIT-R conexos**

Recomendación UIT-R S.1709-1	Características técnicas de las interfaces radioeléctricas para sistemas mundiales de comunicaciones por satélite en banda ancha
Recomendación UIT-R S.1783-0	Características técnicas y operacionales de las aplicaciones de alta densidad del servicio fijo por satélite

---

\* Se prevé que no exista discriminación de acceso a los sistemas mundiales de Internet de banda ancha que se describen en la presente Recomendación.

Resolución UIT-R 69

Desarrollo e implementación de las telecomunicaciones públicas internacionales por satélite en países en desarrollo

La Asamblea de Radiocomunicaciones de la UIT,

*considerando*

- a) que la tecnología de satélites tiene la propiedad de acelerar la disponibilidad de servicios Internet a alta velocidad en todos los países;
- b) que en la Asamblea de Radiocomunicaciones de 2015 (AR-15) se aprobó la Resolución UIT-R 69 y se tomó nota de la gran utilidad que podrían tener las tecnologías de banda ancha por satélite a los efectos de cumplimiento de los Objetivos de Desarrollo Sostenible de las Naciones Unidas, y reducción de la brecha digital, en particular en zonas rurales o distantes;
- c) que conviene determinar las características técnicas y operativas de sistemas del SFS que pudieran facilitar la producción a gran escala de terminales de usuario con un precio asequible;
- d) que sería conveniente calcular la capacidad global que podría ofrecerse en las atribuciones de frecuencias del SFS mediante sistemas con las características indicadas en el *considerando c)*;
- e) que al determinar las características mencionadas en el *considerando c)* se debe considerar la posibilidad de diseñar sistemas específicos para el acceso a Internet a velocidad muy alta mediante terminales de usuario y tener en cuenta el hecho de que algunos sistemas existentes disponen de servicio de acceso a Internet en banda ancha;
- f) que se utilizan estaciones terrenas de distintos tamaños para el acceso a Internet en banda ancha a través de los sistemas existentes del SFS, los cuales se utilizan también para otras aplicaciones y en diversas bandas de frecuencias;
- g) que la normalización de la tecnología de satélites mencionada en el *considerando a)* para aplicaciones Internet fomentará la utilización de satélites para acceder a Internet;
- h) que es necesario prestar asistencia a los países en desarrollo en la implementación y utilización de las telecomunicaciones por satélite, con objeto de permitir un acceso sostenible y asequible a los servicios públicos de telecomunicaciones internacionales, habida cuenta de la Resolución UIT-R 69 de la AR-15,

*observando*

- a) que en la Recomendación UIT-R S.1783 se describen las características de los sistemas de alta densidad del servicio fijo por satélite;
- b) que en la Recomendación UIT-R S.1709 se describen las características técnicas de las interfaces radioeléctricas de los sistemas mundiales de comunicaciones por satélite en banda ancha,

*observando además*

- a) que las atribuciones de frecuencias del SFS pueden utilizarse a corto, medio y largo plazo para la prestación de servicios Internet a velocidad elevada;
- b) que la expansión de los servicios de satélite de banda ancha está generando crecimiento en los países en desarrollo gracias a ciberaplicaciones tales como la ciber salud, el ciberaprendizaje, el ciber gobierno, el teletrabajo y el acceso de los hogares y las comunidades a Internet, que pueden utilizarse como herramientas para el logro de objetivos en materia de política de las TIC,

*recomienda*

- 1 que para ofrecer acceso mundial a Internet a velocidades muy elevadas mediante el SFS se tome en consideración, en calidad de directrices, la información que figura en los Anexos;
- 2 que la información que figura en los Anexos se tome en consideración como directrices para prestar asistencia a los países en el desarrollo y el despliegue de servicios mundiales de banda ancha por satélite, en consonancia con los *resuelve* 1 y 2 de la Resolución UIT-R 69 de la AR-15.

**Anexo 1****Consideraciones generales y características del acceso mundial en banda ancha con sistemas del SFS****1 Consideraciones sobre las bandas de frecuencias**

Dada su capacidad intrínseca de facilitar cobertura ubicua a zonas extensas, los satélites son cruciales para proporcionar conectividad de banda ancha, incluso en zonas alejadas y subatendidas.

A lo largo de los últimos años se han instalado numerosos sistemas de satélites de alto rendimiento (HTS) que funcionan en las bandas de 20/30 GHz del servicio fijo por satélite (SFS), con el objetivo de proporcionar conectividad de banda ancha directamente a los usuarios finales a través de pequeños terminales de usuario de satélite. A fin de garantizar una alta capacidad y una eficacia elevada en la utilización del espectro, los sistemas HTS utilizan una gran cantidad de haces puntuales de satélite, que permiten una elevada reutilización de frecuencias.

El rango de frecuencias relativo a las bandas de 20/30 GHz del SFS, en las que se despliegan, por lo general, los sistemas HTS, contiene 500 MHz de espectro en el extremo superior (19,7-20,2 GHz para Tierra-espacio y 29,5-30 GHz para espacio-Tierra) que los servicios por satélite no comparten con otros servicios atribuidos a título primario en el Cuadro de atribución de bandas de frecuencias de la UIT. Por lo general, los terminales de usuario que funcionan en esas bandas pueden desplegarse de forma ubicua sin necesidad de coordinación específica de las estaciones terrenas de satélite.

No obstante, el cumplimiento de los requisitos, cada vez más numerosos, en materia de capacidad de conectividad de banda ancha, exige el despliegue en los sistemas HTS de terminales de usuario final en las bandas de frecuencias del SFS, incluidas las partes de las bandas de 20/30 GHz del SFS en las que los servicios por satélite no poseen una atribución exclusiva a título primario.

La satisfacción de la demanda, cada vez mayor, de capacidad en materia de conectividad de banda ancha a escala mundial no solo conlleva una utilización más amplia de las bandas de 20/30 GHz para terminales de usuario ubicuos. Los sistemas HTS previstos actualmente, incluidos los que se encuentran en fase de desarrollo, se desplegarán y funcionarán en las bandas de 40/50 GHz del SFS. Ello permitirá adaptar enlaces de conexión de pasarela a sistemas cuyos terminales de usuario funcionan en las bandas de 30/20 GHz y desplegar terminales de usuario ubicuos en partes de las bandas de 40/50 GHz del SFS en futuros sistemas HTS.

En las secciones que figuran a continuación se describen los enfoques reglamentarios, con respecto al Reglamento de Radiocomunicaciones de la UIT y a escalas regional y nacional, para facilitar esos despliegues más amplios de terminales de usuario ubicuos.

### 1.1 Bandas adecuadas

El término «a corto plazo» se aplica a las bandas para las que ya existe una tecnología de satélite. Actualmente, esta tecnología existe para todas las atribuciones en las bandas 4/6 GHz, 11/14 GHz y 20/30 GHz del SFS, y una parte de las atribuciones en 40/50 GHz del SFS. Si bien en el Artículo 5 del Reglamento de Radiocomunicaciones (RR) existen atribuciones al SFS por encima de 50 GHz, probablemente no se producirán avances significativos a corto o medio plazo, de ahí que no se hayan tenido en cuenta en el presente documento.

De acuerdo con los resultados de estudios preliminares, no es viable utilizar las bandas 4/6 GHz para esta aplicación, puesto que la disminución del costo de los terminales conlleva el uso de antenas muy pequeñas, susceptibles de tener ganancia insuficiente a las frecuencias a las que funcionan los satélites de gran anchura de haz necesarios a tal efecto. Por otro lado, las bandas de 4/6 GHz ya se utilizan ampliamente, de ahí que, aun si se emplearan satélites de haz puntual en la banda C, sería difícil que las estaciones terrenas provistas de antenas de tamaño muy pequeño, habida cuenta de su gran anchura de haz, pudieran compartir frecuencias con servicios existentes. En consecuencia, las bandas 4/6 GHz no se toman en consideración en el presente Anexo.

Las atribuciones de 20/30 GHz del SFS se consideran las más adecuadas a corto plazo para facilitar acceso a Internet en banda ancha mediante terminales de usuario, ya que la longitud de onda es compatible con antenas muy pequeñas, la tecnología está bastante desarrollada y, por el momento, estas bandas están relativamente poco explotadas. Por otro lado, el acceso a Internet por particulares no está en consonancia con la forma en que se ha reglamentado hasta ahora la mayor parte de los servicios internacionales en las bandas del SFS, a saber, mediante coordinación con todas las estaciones terrenas. Para lograr que los terminales de usuario se comercialicen al por menor en grandes cantidades y se instalen en hogares y oficinas, es necesario contar con un entorno reglamentario análogo al aplicable en la «banda Ka exclusiva» (29,5-30 GHz para Tierra-espacio y 19,7-20,2 GHz para espacio-Tierra), actualmente en fase de elaboración, a fin de facilitar la prestación de servicios HDFSS.

A continuación figura, a los efectos oportunos, parte del texto del número **5.516B** del RR, al que se aludió en la CMR-03 al solicitar la realización de estudios sobre posibles sistemas mundiales del SFS de banda ancha para aplicaciones Internet:

«Se han identificado las siguientes bandas para su utilización por las aplicaciones de alta densidad del servicio fijo por satélite:

17,3-17,7 GHz	(espacio-Tierra) en la Región 1;
18,3-19,3 GHz	(espacio-Tierra) en la Región 2;
19,7-20,2 GHz	(espacio-Tierra) en todas las Regiones;
39,5-40 GHz	(espacio-Tierra) en la Región 1;
40-40,5 GHz	(espacio-Tierra) en todas las Regiones;
40,5-42 GHz	(espacio-Tierra) en la Región 2;
47,5-47,9 GHz	(espacio-Tierra) en la Región 1;
48,2-48,54 GHz	(espacio-Tierra) en la Región 1;
49,44-50,2 GHz	(espacio-Tierra) en la Región 1;
y	
27,5-27,82 GHz	(Tierra-espacio) en la Región 1;
28,35-28,45 GHz	(Tierra-espacio) en la Región 2;
28,45-28,94 GHz	(Tierra-espacio) en todas las Regiones;
28,94-29,1 GHz	(Tierra-espacio) en las Regiones 2 y 3;

29,25-29,46 GHz	(Tierra-espacio) en la Región 2;
29,46-30 GHz	(Tierra-espacio) en todas las Regiones;
48,2-50,2 GHz	(Tierra-espacio) en la Región 2».

No obstante, en el Informe Final sobre la Resolución 9 de la CMDT-14, aprobado por la CMDT-17, se subraya claramente la necesidad de disponer de más espectro para el funcionamiento de los terminales de usuario:

*«Dada su capacidad intrínseca de facilitar cobertura ubicua a zonas extensas, los satélites son cruciales para proporcionar conectividad de banda ancha, incluso en zonas alejadas y subatendidas. A lo largo de los últimos años se han instalado numerosos sistemas de satélites de alto rendimiento (HTS) que funcionan en el servicio fijo por satélite (SFS), dentro de la banda de frecuencias Ka, con el objetivo de proporcionar conectividad de banda ancha directamente a los usuarios finales a través de pequeños terminales de usuario de satélite. A fin de garantizar una alta capacidad y una eficacia elevada en la utilización del espectro, los sistemas HTS utilizan cuantiosos haces puntuales de satélite, capaces de permitir múltiples altos de reutilización de frecuencias.*

*Dentro del rango de frecuencias del SFS en la banda Ka donde suelen implantarse los sistemas HTS, existen 500 MHz de espectro que los servicios por satélite no comparten con otros servicios primarios en el cuadro de atribución de bandas de frecuencias de la UIT. Los terminales de usuario que funcionan en esas bandas suelen poder implantarse de forma ubicua sin requerir la coordinación individual de las estaciones terrenas de satélite.*

*No obstante, el cumplimiento de los crecientes requisitos en materia de capacidad para la conectividad de banda ancha exige que los sistemas HTS implanten terminales de usuario final en frecuencias del SFS, incluidas las partes de la banda Ka donde los servicios por satélite carecen de una asignación primaria exclusiva».*

En el informe también se ponen de manifiesto los notables avances registrados a escalas regional y nacional con objeto de poner a disposición espectro más allá del especificado respecto de las bandas identificadas para el HDFSS con arreglo al número **5.516B** del RR para los terminales de usuario de satélite, en relación con las atribuciones del SFS en 20/30 GHz.

En particular, los sistemas HTS y VHTS que se encuentran actualmente en fase desarrollo o de fabricación se han diseñado para facilitar el despliegue, en su caso, de terminales de usuario del HDFSS en la banda Ka más allá de las bandas anteriormente señaladas.

Cabe observar, de forma análoga, que también se está examinando el funcionamiento de terminales de usuario del HDFSS en las bandas de 40/50 GHz.

## **2 Posibles características técnicas**

El desarrollo técnico de los sistemas HTS ha tenido lugar, en particular, con respecto a las bandas de 20/30 GHz, a raíz de los notables avances registrados en relación con los satélites HTS, con el fin de proporcionar en esas bandas acceso a Internet de banda ancha a escalas regional y mundial.

La cantidad de haces por satélite ha aumentado de 32 a varios centenares, y actualmente es del orden de 200 haces por satélite, o más, para despliegues HTS habituales en la banda de 20/30 GHz.

La capacidad neta por satélite ha aumentado de 5 Gbit/s a varias decenas de Gbit/s, y actualmente alcanza varios centenares de Gbit/s por satélite en despliegues HTS habituales. Se prevé que en breve se desplieguen sistemas VHTS, algunos de los cuales se encuentran actualmente en fase de desarrollo, en las bandas de 20/30 GHz, con objeto de proporcionar varios terabits/s de capacidad a través de un único satélite OSG/SFS.

También se han registrado avances sustanciales en relación con los satélites que proporcionan actualmente conectividad de banda ancha en la banda de 11/12 GHz, y se prevé que los futuros satélites que operen en las bandas de 40/50 GHz empleen tecnologías aún más avanzadas.

En las secciones que figuran a continuación se proporciona información actualizada sobre las características técnicas de los sistemas anteriormente citados.

## 2.1 Haces de satélite

En el Cuadro 1 se proporcionan las dimensiones de los haces puntuales más habituales de los que se dispone actualmente o se dispondrá en breve. Los parámetros se han seleccionado como punto de partida para determinar las características de los enlaces de usuario de los sistemas de satélites más adecuados. A fin de facilitar los cálculos, se realiza la hipótesis de que los subsistemas de antena de satélite se diseñarán de modo que cada par de haces de transmisión y recepción posea la misma anchura y su huella tenga la misma posición fija sobre la superficie de la Tierra.

CUADRO 1

### Selección de características de haz puntual de satélite

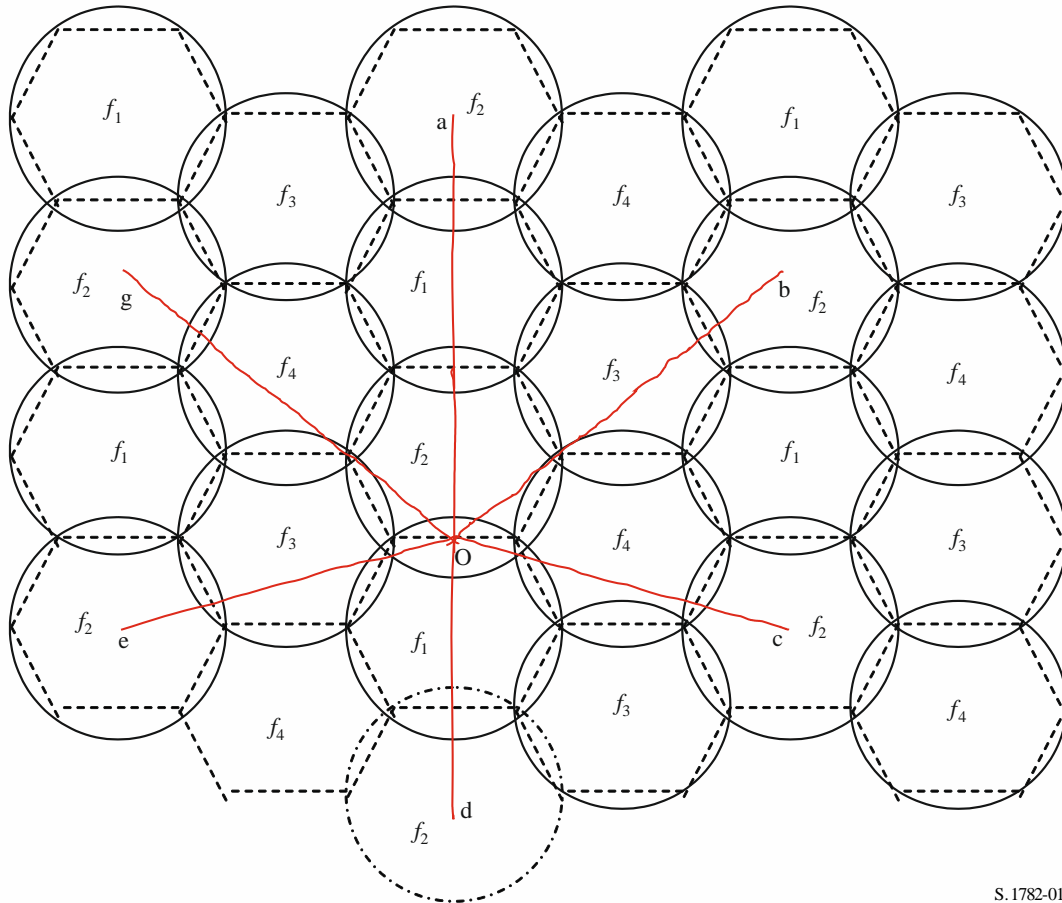
Gama de frecuencias del SFS	11/14 GHz	20/30 GHz	40/50 GHz
Ganancia en el centro del haz (dBi)	44-46	50-53	55-58
Anchura de haz para -3 dB (grados)	0,8-1,0	0,3-0,4	0,2
Cantidad ( <i>n</i> ) de haces de transmisión/recepción por satélite	80-140	200-400	> 500

Habida cuenta de los avances registrados en materia de vehículos espaciales en los últimos años, cabe suponer que existen disposiciones de alimentadores de antena que compensen la curvatura de la superficie de la Tierra, con el fin de que todos los haces producidos por un satélite determinado generen huellas circulares del mismo diámetro, con independencia de su dirección de apuntamiento. En consecuencia, salvo los haces orientados al punto de proyección del satélite, cada haz tendrá una sección transversal casi elíptica y su relación axial y orientación dependerán de la orientación de su apuntamiento con respecto a la dirección del punto de proyección del satélite. La anchura de haz de los ejes mayor ( $\varphi_a$ ) y menor ( $\varphi_b$ ) se regirá por la ecuación  $((\varphi_a) \cdot (\varphi_b))^{0,5} = (\varphi_0)$ , siendo ( $\varphi_0$ ) la anchura del haz (circular) para -3 dB orientado al punto de proyección del satélite.

En el caso de cobertura ininterrumpida mediante varios haces de huella circular, cabe considerar que su zona de solapamiento tiene forma hexagonal, como se muestra en la Fig. 1.



FIGURA 1  
 Forma hexagonal de huellas de haces de satélite con zonas de solapamiento



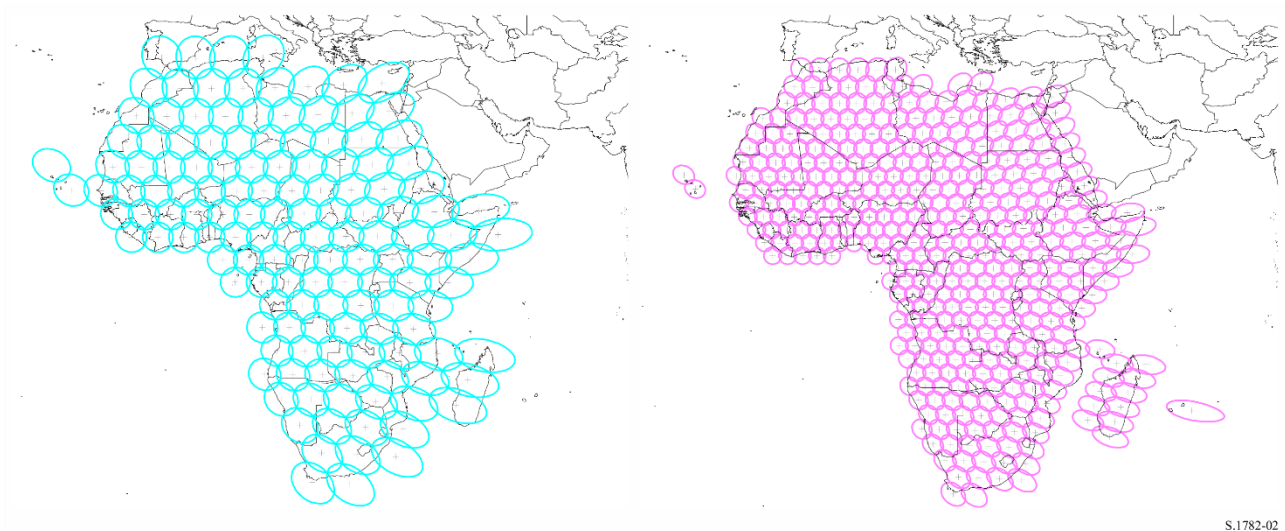
S.1782-01

En la Fig. 1 se muestra un modelo de reutilización de frecuencias de cuatro a uno, para el que se realiza la hipótesis de que cada haz posee polarización doble. Si se consideran factores de caída viables y los niveles del primer lóbulo lateral que se describen en las ecuaciones de la Recomendación UIT-R S.672, el valor de discriminación entre el centro de un haz y el extremo más cercano del siguiente haz en la misma frecuencia debe corresponder aproximadamente al necesario para facilitar este modo de funcionamiento. Por ejemplo, en un punto «O» del extremo de una de las zonas hexagonales correspondientes al haz de frecuencia  $f_2$ , la contribución a la interferencia de los seis haces más cercanos en la misma frecuencia puede calcularse por medio de los ángulos relativos al eje oa, ob, oc, od, oe y og, subtendidos respecto del satélite. Con arreglo a la forma geométrica del diagrama:

$$\begin{aligned}
 oa &= 5(\varphi_0/2) \cdot \cos(30^\circ) = 2,165(\varphi_0) \\
 ob = og &= (\{2(\varphi_0/4) + \varphi_0\}^2 + \{3(\varphi_0/2) \cdot \cos(30^\circ)\}^2)^{0,5} = 1,984(\varphi_0) \\
 oc = oe &= (\{(\varphi_0/2) \cdot \cos(30^\circ)\}^2 + \{2(\varphi_0/4) + \varphi_0\}^2)^{0,5} = 1,561(\varphi_0) \text{ y} \\
 od &= 3(\varphi_0/2) \cdot \cos(30^\circ) = 1,299(\varphi_0)
 \end{aligned}$$

FIGURA 2

Ejemplos de disposiciones de haz para satélites del SFS que podrían proporcionar acceso a Internet a alta velocidad en las bandas 11/14 GHz y 20/30 GHz



De conformidad con la Recomendación UIT-R S.672, en lo tocante a haces sencillos elípticos o circulares, si la ganancia del primer lóbulo lateral es 25 dB inferior a la ganancia de cresta, y si en el centro de cada haz la p.i.r.e. tiene el mismo valor y la proporción entre las ganancias copolar y contrapolar de cada haz es también 25 dB, la relación neta portadora-interferencia con reutilización de frecuencias viene dada por la siguiente fórmula:

$$(C/I)_{FR} = -10 \log(7 \{10^{-(25/10)}\}) = 16,5 \text{ dB}$$

En la práctica, es probable que la relación  $(C/I)_{FR}$  sea mayor que la obtenida mediante dicha fórmula, puesto que las seis contribuciones no suelen corresponder a valores de cresta de lóbulo lateral.

En la Fig. 2 se proporcionan varios ejemplos de cobertura de satélites geoestacionarios cuyas disposiciones de haz se sintetizan en el Cuadro 1. Cabe observar que la cobertura global disminuye aproximadamente de forma inversamente proporcional a la frecuencia.

## Anexo 2

### Acceso mundial a Internet en banda ancha mediante los sistemas actuales y de próxima generación del SFS. Ejemplo de acceso mundial a Internet en banda ancha mediante un sistema del SFS diseñado para pequeñas antenas de estación terrena de usuario en la banda Ka

#### 1 Generalidades

En el presente ejemplo se aborda la utilización de terminales de usuario de bajo costo destinados a despliegues a gran escala. Se tienen en cuenta terminales de usuario de última generación que funcionan en la banda Ka, con capacidad de transmisión y recepción en todo el espectro de dicha banda. El objetivo es proporcionar un sistema lo más rentable posible con arreglo a su costo por bit/s.

Se realiza la hipótesis de una topología de red en estrella, en la que los terminales transmiten al satélite en la banda Ka, y su señal se retransmite a pasarelas en la banda Q; las pasarelas, a su vez, transmiten en la banda V, y sus señales se retransmiten en la banda Ka a los terminales de usuario.

Esa implementación corresponde a la de varios sistemas del SFS que se encuentran actualmente en fase de desarrollo, cuya puesta en servicio está prevista para los próximos dos o tres años.

## 2 Consideraciones sobre bandas de frecuencias

Con respecto a la identificación de bandas de frecuencias del SFS adecuadas para esa aplicación, cabe considerar que la banda Ka se destina íntegramente a usuarios, de la forma siguiente:

- transmisión: 27,5-30,0 GHz;
- recepción: 17,3-20,2 GHz.

En consonancia con varios estudios que se llevan a cabo actualmente, se realiza la hipótesis de que la compartición de esas bandas con los servicios del SF tiene lugar sobre la base de no interferencia, habida cuenta de que los terminales incorporan funciones «cognitivas» que proporcionan, tanto a dichos terminales como al sistema en su conjunto, información sobre el entorno de interferencia.

Con respecto a la conexión de terminales, y habida cuenta de la gran demanda de anchura de banda, las pasarelas utilizan la banda V a los efectos de transmisión (terminal-satélite) y la banda Q a los efectos de recepción (satélite-terminal), de la manera siguiente:

- transmisión en las gamas 47,2-50,2 GHz y 50,4-51,4 GHz (banda V);
- recepción en la gama 37,5-40,4 GHz (banda Q).

Ese plan de frecuencias se representa en la Fig. 3 para el enlace de transmisión directa (pasarela-terminal de usuario) y en la Fig. 4 para el enlace de retorno (terminal de usuario-pasarela).

FIGURA 3

**Plan de frecuencias referente al enlace de transmisión directa para acceso a Internet de banda ancha mediante un sistema del SFS diseñado para pequeñas antenas de estación terrena de usuario en la banda Ka**

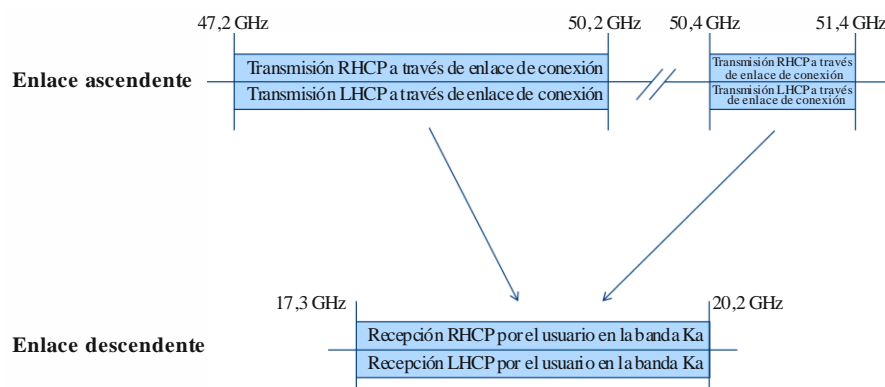
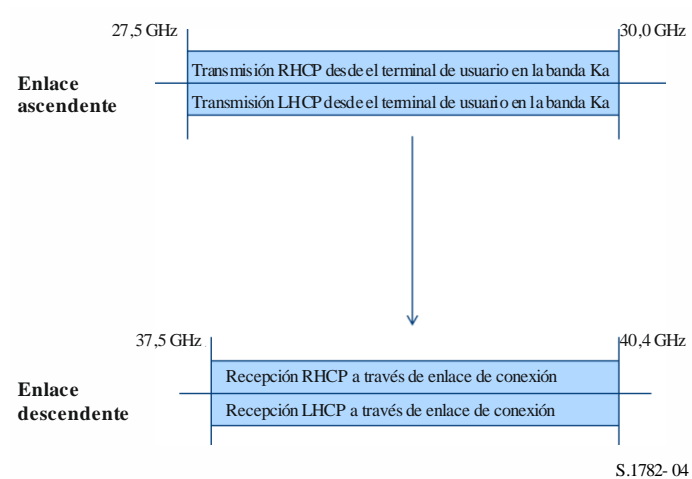


FIGURA 4

Plan de frecuencias referente al enlace de retorno para acceso a Internet de banda ancha mediante un sistema del SFS diseñado para pequeñas antenas de estación terrena de usuario en la banda Ka



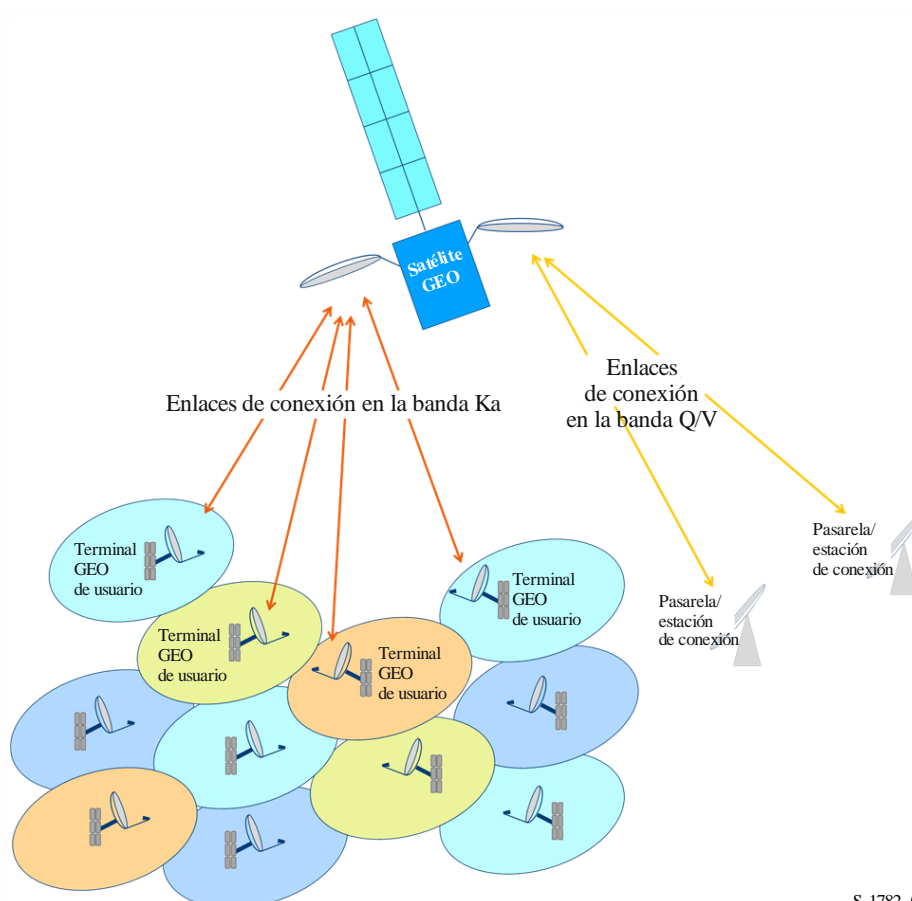
### 3 Posibles características técnicas

#### 3.1 Arquitectura del sistema

La arquitectura del sistema relativa al citado ejemplo se representa en la Fig. 5.

FIGURA 5

Ejemplo de arquitectura de sistema a escala mundial para el acceso a Internet de banda ancha mediante un sistema del SFS diseñado para pequeñas antenas de estación terrena de usuario en la banda Ka



S.1782-05

### 3.2 Enlaces de satélite

Se realiza la hipótesis de que las portadoras del enlace de transmisión directa entre las estaciones de conexión y las estaciones de usuario por satélite se ajustan a la norma DVB-S2X del ETSI, relativa a la ampliación del sistema de segunda generación de radiodifusión, servicios interactivos y obtención de noticias, entre otros servicios de banda ancha por satélite.

Por otro lado, cabe suponer que las portadoras del enlace de retorno a través del enlace ascendente desde las estaciones de usuario para las estaciones de conexión se ajustan a la norma DVB-RCS2 del ETSI, relativa al sistema de satélite interactivo DVB de segunda generación.

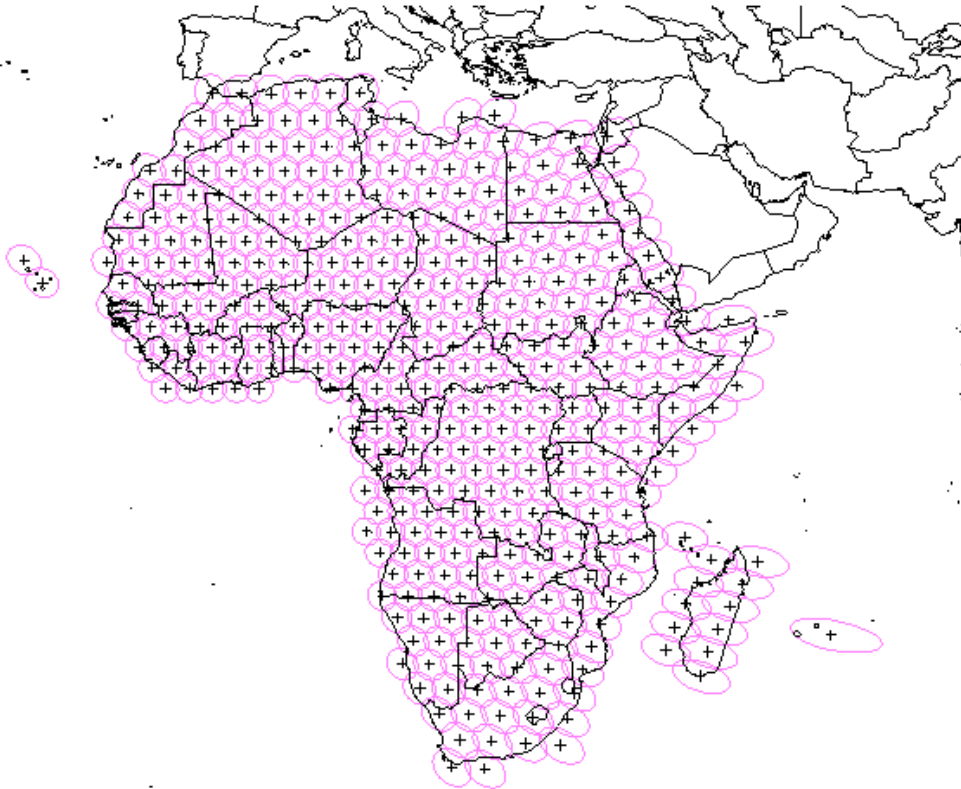
En ambas interfaces aéreas cabe utilizar codificación y modulación adaptables (ACM) para mejorar la eficiencia de cada enlace en función del grado de atenuación atmosférica, un problema específico habitual al utilizar frecuencias muy elevadas, en particular en las bandas Ka, Q y V.

### 3.3 Zona de cobertura

A título de ejemplo, se propone África como zona de cobertura. Los satélites más modernos pueden proporcionar hasta ~500 haces de usuario, y en este ejemplo se tienen en cuenta 420 puntos generados mediante tres o cuatro reflectores de satélite.

FIGURA 6

Ejemplo de zona de cobertura para acceso a Internet de banda ancha mediante un sistema del SFS diseñado para pequeñas antenas de estación terrena de usuario en la banda Ka para prestar cobertura en toda África



S.1782-06

### 3.4 Configuración de carga útil del satélite

El subsistema de antena de satélite puede basarse en una configuración de conexión única por haz (cada conexión genera un punto) o de conexión múltiple por haz (cada punto se genera por medio de varias conexiones). Es necesario lograr un compromiso en relación con los parámetros de calidad de servicio y de masa de carga útil. El repetidor constaría de los subsistemas enumerados a continuación:

- una sección de entrada, que incorporaría amplificadores LNA/convertidores del modo habitual;
- un procesador digital transparente (DTP), que proporcionaría conectividad entre pasarelas y haces de usuario y la selección de frecuencia en cada haz de usuario;
- una sección de amplificación, que podría incorporar amplificadores TWTA situados en un anillo de redundancia para un subsistema de antena de conexión única por haz, o amplificadores SSPA situados muy cerca de los elementos de conexión para una configuración de conexión múltiple por haz.

## 4 Capacidad por satélite ( $C_s$ )

Con arreglo a la cantidad de haces propuesta, la capacidad del satélite alcanzaría 0,8 Tbit/s para el enlace de transmisión directa. Por lo general, existen menos requisitos para el enlace de retorno que para el enlace de transmisión directa, si bien la capacidad global por satélite deseada rebasa 1,0 Tbit/s.