

RECOMENDACIÓN UIT-R SF.1320

VALORES MÁXIMOS ADMISIBLES DE DENSIDAD DE FLUJO DE POTENCIA EN LA SUPERFICIE DE LA TIERRA PRODUCIDOS POR SATÉLITES NO GEOESTACIONARIOS DEL SERVICIO FIJO POR SATÉLITE UTILIZADOS EN ENLACES DE CONEXIÓN DEL SERVICIO MÓVIL POR SATÉLITE Y QUE COMPARTEN BANDAS DE FRECUENCIAS CON SISTEMAS DE RADIOENLACES

(Cuestiones UIT-R 219/4 y UIT-R 201/9)

(1997)

La Asamblea de Radiocomunicaciones de la UIT,

considerando

- a) que la Conferencia Mundial de Radiocomunicaciones (Ginebra, 1995) (CMR-95) atribuyó determinadas bandas de frecuencias a enlaces de conexión (sentido espacio-Tierra) de sistemas de satélites no geoestacionarios (no OSG) del servicio móvil por satélite (SMS) a título compartido con el servicio fijo;
- b) que, a causa de esa compartición, es preciso garantizar que las emisiones de los satélites no provoquen interferencias inadmisibles a los sistemas de radioenlaces;
- c) que los sistemas de radioenlaces se pueden proteger satisfactoriamente contra las emisiones de los satélites imponiendo límites adecuados de los niveles de densidad de flujo de potencia (dfp) en una anchura de banda de referencia producidos en la superficie de la Tierra;
- d) que en las bandas atribuidas antes de 1995 para el sentido Tierra-espacio del servicio fijo por satélite (SFS), la utilización adicional del sentido espacio-Tierra por enlaces de conexión para sistemas de satélites no OSG del SMS no debería causar un aumento significativo de la interferencia causada a sistemas de radioenlaces;
- e) que, no obstante, cualquier limitación de la dfp producida en la superficie de la Tierra no debe llegar a imponer limitaciones indebidas al diseño de enlaces de conexión de sistemas de satélites no OSG en el SMS;
- f) que las estaciones terrenas de dos sistemas del SMS no OSG que funcionan en la banda de 19,3-19,6 GHz para sus enlaces de conexión, espacio-Tierra y/o Tierra-espacio, no pueden estar situadas en la misma posición aunque funcionen con polarizaciones opuestas, ya que los enlaces de conexión requieren un elevado margen para obtener la disponibilidad deseada;
- g) que un sistema del SMS no OSG que funciona en la banda de 19,3-19,6 GHz debe utilizar haces puntuales para obtener las relaciones G/T y las p.i.r.e. deseadas. Por lo tanto, es muy poco probable que un receptor del servicio fijo reciba una interferencia significativa de más de un sistema de enlace de conexión del SMS no OSG,

considerando además

- a) que en la Resolución 119 (CMR-95) se encarga al UIT-R que estudie posibles modificaciones de los límites de dfp en la superficie de la Tierra en la banda de 19,3-19,6 GHz, aplicables a enlaces de conexión de redes de satélites no OSG en el SMS, teniendo presentes las diferentes características de lluvia en muchas partes del mundo;
- b) que en el número S21.16.7 del Reglamento de Radiocomunicaciones (RR) se estipula que los límites de dfp en la banda de 6 700-6 825 MHz están sujetos a examen por el UIT-R,

recomienda

1 que, en las bandas de frecuencias en la gama de 6,7 a 19,6 GHz compartidas entre enlaces de conexión de sistemas de satélites no OSG en el SMS y sistemas de radioenlaces, la dfp máxima (véase la Nota 1) producida en la superficie de la Tierra por emisiones de un satélite, para todas las condiciones y todos los métodos de modulación, no rebase los valores siguientes:

1.1 en la banda de 6 700-6 825 MHz, en cualquier banda de 1 MHz:

-137	dB(W/m ²)	para	$\theta \leq 5^\circ$
$-137 + 0,5 (\theta - 5)$	dB(W/m ²)	para	$5^\circ < \theta \leq 25^\circ$
-127	dB(W/m ²)	para	$25^\circ < \theta \leq 90^\circ$

1.2 en la banda de 6 825-7 075 MHz:

1.2.1 en cualquier banda de 4 kHz:

–154 dB(W/m²) para $\theta \leq 5^\circ$

–154 + 0,5 ($\theta - 5$) dB(W/m²) para $5^\circ < \theta \leq 25^\circ$

–144 dB(W/m²) para $25^\circ < \theta \leq 90^\circ$

1.2.2 en cualquier banda de 1 MHz:

–134 dB(W/m²) para $\theta \leq 5^\circ$

–134 + 0,5 ($\theta - 5$) dB(W/m²) para $5^\circ < \theta \leq 25^\circ$

–124 dB(W/m²) para $25^\circ < \theta \leq 90^\circ$

1.3 en la banda de 19,3-19,6 GHz, en cualquier banda de 1 MHz:

–115 dB(W/m²) para $\theta \leq 5^\circ$

–115 + 0,5 ($\theta - 5$) dB(W/m²) para $5^\circ < \theta \leq 25^\circ$

–105 dB(W/m²) para $25^\circ < \theta \leq 90^\circ$

donde θ es el ángulo de incidencia de la onda de radiofrecuencia (grados por encima del plano horizontal);

2 que los citados límites se refieren a la d_{fp} y los ángulos de llegada que se podrían obtener en condiciones de propagación en el espacio libre;

3 que la información contenida en el Anexo 1 debe servir de orientación para utilizar la presente Recomendación.

NOTA 1 – Los límites definitivos aplicables en bandas de frecuencias compartidas se indican en el Cuadro S21-4 del Artículo S21 del RR. Continúan los estudios de estos límites, lo cual puede entrañar cambios de los límites recomendados.

ANEXO 1

Interferencia causada por satélites de enlaces de conexión del SMS no OSG a estaciones del servicio fijo

1 Explicación de la interferencia

1.1 Nivel más elevado de interferencia

El nivel más elevado de interferencia se produce cuando un satélite de enlace de conexión del SMS no OSG se halla en el haz principal de una antena de sistema terrenal. Si se considera que la antena del satélite no OSG tiene un diagrama de ganancia simétrico con respecto al eje del nadir del satélite, el nivel más elevado de interferencia será idéntico para cada acimut afectado.

Por otra parte, en una constelación no OSG determinada, el porcentaje de interferencia, la duración de la interferencia y el tiempo medio entre sucesos de interferencia dependerá considerablemente de la latitud de la estación del servicio fijo y el acimut de enlace del servicio fijo, según se explica en el punto siguiente.

1.2 Estadísticas de la interferencia de caso más desfavorable

La interferencia más desfavorable se produce desde direcciones de acimut en las cuales la probabilidad de rebasar un determinado nivel de interferencia es máxima. Hay entre uno y cuatro acimuts más desfavorables, según los parámetros orbitales (altitud, inclinación) y la latitud y elevación de la estación del servicio fijo. Cuanto más pequeño es el ángulo

geocéntrico entre la estación del servicio fijo y el satélite, mayor es el ángulo fuera del eje y, por tanto, mejor es la discriminación contra la interferencia. Además, la mayoría de esos terminales no estarán orientados hacia los acimuts más desfavorables y, en algunos casos, hay direcciones de acimuts en las cuales el satélite no aparece en el haz principal de una estación del servicio fijo.

Basándose en consideraciones geométricas de una red hipotética de radioenlaces del servicio fijo de 12 saltos y una constelación del SMS (12 satélites/3 planos/47,5° de inclinación/10 000 km de altitud), la interferencia de caso más desfavorable tiene las características siguientes:

- el número máximo de satélites visibles simultáneamente desde cualquier estación del servicio fijo no es superior a cinco;
- a través de su haz principal, ningún terminal terrenal recibirá interferencia de más de un satélite a la vez y es improbable que un enlace de múltiples saltos de 1 000 km reciba, en el haz principal, interferencia de más de un satélite a la vez;
- siempre que un satélite interfiera a través del haz principal de un terminal de microondas determinado, ese mismo satélite interferirá a través de los lóbulos laterales de los otros terminales. Ello se debe a:
 - un ángulo de elevación y acimut diferente,
 - la curvatura de la Tierra;
- podrá considerarse la probabilidad de interferencias de haz principal simultáneas causadas a dos terminales del mismo radioenlace, en el caso más desfavorable en el sistema de 12 saltos hipotético;
- en el caso más desfavorable sólo un salto de cada dos puede funcionar en la misma frecuencia.

2 Método de determinación de la degradación fraccionaria de la calidad de funcionamiento (FDP)

2.1 Sistemas del servicio fijo sin diversidad

En el Anexo 2 a la Recomendación UIT-R F.1108 se indica un método para calcular la FDP de sistemas del servicio fijo sin diversidad. En este método se relaciona la fracción de tiempo f_i , durante la cual un receptor digital del servicio fijo experimenta un nivel de interferencia I_i , con un porcentaje de aumento de las interrupciones, que son una forma de degradación de la calidad de funcionamiento.

En forma de ecuación:

$$FDP = \sum \frac{I_i f_i}{N_T} \quad (1)$$

donde N_T es el ruido térmico del servicio fijo y el sumatorio abarca la totalidad del tiempo de simulación.

En los sistemas sin diversidad y en presencia de desvanecimiento de Rayleigh, el tiempo de interrupción es inversamente proporcional al margen de desvanecimiento. Como el margen de desvanecimiento es inversamente proporcional al ruido total (ruido más interferencia), la interrupción es directamente proporcional al ruido total y, por lo tanto, el aumento del ruido total debido a la interferencia es proporcional a un aumento de las interrupciones o a una degradación de la calidad de funcionamiento. Todo ello es la base de la ecuación (1).

2.2 Sistemas del servicio fijo que emplean diversidad

En un sistema del servicio fijo con diversidad en presencia de desvanecimiento de Rayleigh, el tiempo de interrupción es inversamente proporcional al cuadrado del margen de desvanecimiento y, por lo tanto, el aumento de las interrupciones es proporcional al cuadrado del aumento del ruido total.

Para sistemas con diversidad, la FDP viene dada como:

$$FDP = \sum [(1 + I_i / N_T)^2 - 1] f_i \quad (2)$$

$$= \sum f_i \left[2 I_i / N_T + (I_i / N_T)^2 \right] \quad (3)$$

Para los sistemas que utilizan diversidad con conmutación, estas ecuaciones son suficientes para caracterizar la FDP. Para los sistemas que utilizan diversidad de combinación de potencia máxima, se puede ir más lejos considerando el caso en que la interferencia alcanza a las dos antenas de modo que haya una diferencia de fase ϕ entre las dos aportaciones de interferencia I_i , situación que puede aproximarse mediante la siguiente expresión:

$$I_i / N_T = 2(I_{oi} / N_T) \cos^2(\phi / 2) \quad (4)$$

donde I_{oi} es la potencia de interferencia de cada antena. Esta ecuación muestra que el nivel de la interferencia total es función de ϕ . El efecto medio de la interferencia se evalúa como sigue:

$$\begin{aligned} (I_i / N_T)_{av} &= 1/2\pi (I_{oi} / N_T) \int_0^{2\pi} 2 \cos^2(\phi / 2) d\phi \\ &= I_{oi} / N_T \end{aligned} \quad (5)$$

$$\begin{aligned} (I_i / N_T)_{av}^2 &= 1/2\pi (I_{oi} / N_T)^2 \int_0^{2\pi} 4 \cos^4(\phi / 2) d\phi \\ &= 3/2 (I_{oi} / N_T)^2 \end{aligned} \quad (6)$$

La ecuación (5) muestra que el valor medio (av) de I_i / N_T es el mismo que I_{oi} / N_T , mientras que la ecuación (6) muestra que el valor medio de $(I_i / N_T)^2$ es 1,5 veces el de $(I_{oi} / N_T)^2$. Por lo tanto, la ecuación (3) se puede formular como sigue:

$$FDP = \sum f_i \left[(2I_{oi} / N_T) + 3/2 (I_{oi} / N_T)^2 \right] \quad (7)$$

No obstante, en los siguientes análisis sólo se ha utilizado la ecuación (3) para establecer el modelo de diversidad.

2.3 Criterios de interferencia del servicio fijo

En la Recomendación UIT-R F.1094 se recomienda un criterio de degradación de la calidad de funcionamiento de 10% para los servicios compartidos a título primario con igualdad de derechos. En la Recomendación UIT-R SF.357 se especifican criterios de interferencia causada a rutas de radioenlaces analógicos. En la Recomendación UIT-R SF.1005 se recomienda que para bandas compartidas atribuidas en ambos sentidos al SFS (OSG solamente), el criterio de interferencia pertinente sea más estricto en las proporciones siguientes:

10-15,4 GHz	: 7 dB
15,4-20 GHz	: 5 dB
Por encima de 20 GHz	: 3 dB

La Recomendación UIT-R SF.1005 no se refiere a bandas de frecuencias por debajo de 10 GHz debido a que la mayoría de esas bandas son muy utilizadas por el servicio fijo, motivo por el cual la explotación en banda inversa no es generalmente posible en esas bandas. Si bien la Recomendación UIT-R SF.1005 trata únicamente del SFS OSG, se reconoce que se podrían aplicar conceptos similares al SFS no OSG.

En las bandas del SFS atribuidas bidireccionalmente y que se utilizan mucho en ambos sentidos, se reconoce que convendría que el criterio de FSP fuera 10% más estricto al considerar la interferencia causada por la explotación en banda inversa de enlaces de conexión del SMS no OSG.

3 Viabilidad de la compartición

Se han efectuado simulaciones informáticas con las características de varias constelaciones de satélites a fin de determinar la viabilidad de la compartición cofrecuencia con sistemas de radioenlaces. En todos los casos examinados se llegó a la conclusión de que las constelaciones de satélites pueden compartir frecuencias con la mayoría de los sistemas de radioenlaces analógicos y digitales. Esta conclusión se basa en la evaluación de la interferencia causada a una estación del servicio fijo por constelaciones de satélites.

4 Pertinencia de la Recomendación UIT-R SF.358

Se puede demostrar que los límites de d_{fp} de la Recomendación UIT-R SF.358 pueden ocasionar en receptores de sistemas de radioenlaces una interferencia debida a los satélites OSG superior al ruido. Sin embargo, la aplicación de medidas tales como separar el haz del radioenlace varios grados con respecto a la órbita OSG mejora la interferencia y facilita la compartición del servicio fijo/SFS OSG.

Ahora bien, en el caso del SMS no OSG, la compartición con el servicio fijo será satisfactoria si se aplica un límite de d_{fp} , lo cual genera en realidad una interferencia superior al ruido térmico durante breves periodos de tiempo, dado que normalmente el receptor afectado no experimentará un desvanecimiento al mismo tiempo que recibe este elevado nivel de interferencia. A consecuencia de ello, y aunque no se pueda evitar esta interferencia en el eje de puntería, todavía se podrá satisfacer el criterio de FDP de 10% o inferior. Por lo tanto, se considera que la Recomendación UIT-R F.1108 es un planteamiento más apropiado.

5 Aplicabilidad de los límites de d_{fp} de la Recomendación UIT-R SF.358

En este punto se determina si los límites de d_{fp} de la Recomendación UIT-R SF.358 son apropiados para satélites del SMS no OSG. En primer lugar, se efectúan simulaciones suponiendo una máscara de d_{fp} igual a los límites de d_{fp} de la Recomendación UIT-R SF.358 (o el valor más próximo disponible). Se examina la conveniencia de la máscara de d_{fp} para proteger a sistemas del servicio fijo en diferentes bandas de frecuencias, con referencia al criterio de protección mencionado en el § 2.3. A continuación, se obtienen valores de d_{fp} diferentes. Después se examinan varias de las hipótesis y condiciones de obtención de valores de d_{fp} a partir de un cálculo de FDP, a fin de evaluar su sensibilidad. Se proponen entonces límites de d_{fp} revisados para su inclusión en el texto principal de esta Recomendación.

5.1 Límites de d_{fp}

Los límites de d_{fp} utilizados en este estudio se indican a continuación (véase la Recomendación UIT-R SF.358).

7 GHz: $-152/-142$ dB(W/m² en 4 kHz)

19 GHz: $-115/-105$ dB(W/m² en 1 MHz)

5.2 Estudios de la compartición a 7 GHz

Se determina la FDP de la estación del servicio fijo (SF), pero la interferencia del satélite se calcula a partir de una máscara de d_{fp} . Para cada instante, se calcula el ángulo de llegada de cada satélite visible y se determina la d_{fp} correspondiente. La potencia de interferencia de cada satélite se calcula entonces como sigue:

$$I_t = d_{fp} + 10 \log (\lambda^2/4\pi) + G_{SF} - \text{Pérdida de alimentación}$$

5.2.1 Hipótesis a 7 GHz

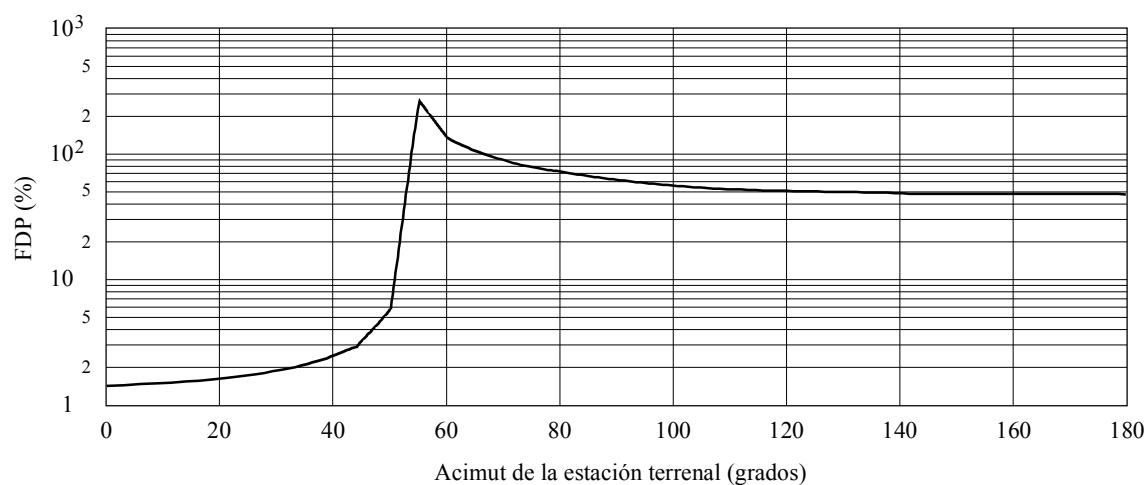
- El diagrama de radiación de la antena del servicio fijo se toma de la Recomendación UIT-R F.699-3 (Ginebra, 1995). Se aplica la Nota 6 a esa Recomendación.
- No se tiene en cuenta ninguna atenuación atmosférica.
- Se supone que el ángulo de elevación del servicio fijo es de 3°.
- No se tiene en cuenta ninguna discriminación de polarización.
- Se supone que los sistemas del servicio fijo emplean diversidad.
- Las constelaciones de satélites son:
 - LEO D: 48 satélites/8 planos/52° de inclinación/1 414 km de altitud
 - LEO F: 10 satélites/2 planos/45° de inclinación/10 355 km de altitud.

5.2.2 Resultados a 7 GHz

Las Figs. 1 y 2 muestran la degradación fraccionaria de la calidad de funcionamiento debida, respectivamente, a las constelaciones del SMS no OSG LEO D y LEO F, suponiendo que generan los límites de d_{fp} en la superficie de la Tierra indicados anteriormente. Se supone que la estación del servicio fijo está situada a 40° de latitud.

FIGURA 1

FDP debida a una constelación de tipo LEO D; servicio fijo a 40° N

7 GHz; DFP = -152/-142 dB(W/m² en 4 kHz)

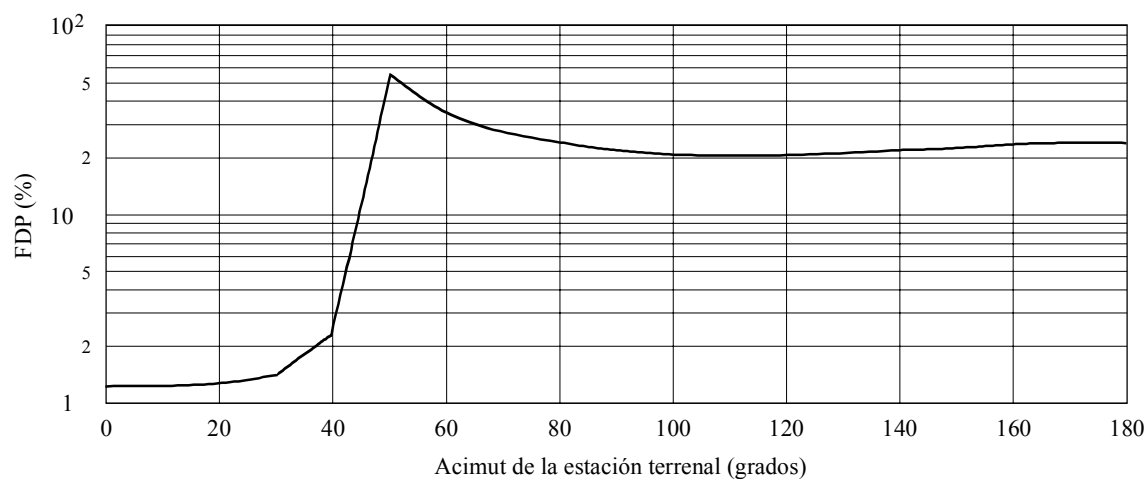
La interferencia se calcula a partir de los límites de dfp de la Recomendación UIT-R SF.358.

LEO D: 48 satélites/8 planos/52° de inclinación/1 414 km de altitud

1320-01

FIGURA 2

FDP debida a una constelación de tipo LEO F; servicio fijo a 40° N

7 GHz; DFP = -152/-142 dB (W/m² en 4 kHz)

La interferencia se calcula a partir de los límites de dfp de la Recomendación UIT-R SF.358.

LEO F: 10 satélites/2 planos/45° de inclinación/10 355 km de altitud

1320-02

Se pueden hacer los comentarios siguientes sobre dichas Figuras:

- los límites de dfp existentes de la Recomendación UIT-R SF.358 en la banda de 7 GHz no son suficientes para proteger a los sistemas del servicio fijo con diversidad, lo cual es la práctica normal. Sin embargo, estos límites serían suficientes para proteger a sistemas del servicio fijo sin diversidad;
- puede haber una gran variedad de valores de FDP para cualquier constelación en cualquier banda de frecuencias, especialmente en las órbitas cuya inclinación es muy inferior a 90°.

5.2.3 Análisis de los límites apropiados de dfp de enlaces de conexión del SMS no OSG

En este punto se proponen límites de dfp que protegen de forma adecuada a los sistemas del servicio fijo en la mayoría de los casos. A continuación se indican las condiciones de su obtención.

A 7 GHz, suponiendo que el SFS tiene bandas atribuidas en ambos sentidos, se reconoce que el criterio de FDP debería ser más estricto pero no se especifica en qué medida. Sin embargo, como puede haber grandes diferencias entre las FDP de varias constelaciones, debido a acimutes diferentes de puntería del servicio fijo, parece que se puede obtener cierto equilibrio entre la FDP del caso más desfavorable y una FDP «media» para todos los acimuts. Es decir, no parece apropiado seleccionar varios valores de dfp de modo que el acimut más desfavorable cumpla un criterio muy estricto (por ejemplo 1%), dadas las grandes diferencias observadas en varias constelaciones.

Para iniciar el análisis obteniendo nuevos valores de dfp (que se utilizarán como valores límite), se ha utilizado un criterio de FDP de cresta de 4%, que constituye un término medio entre la Recomendación UIT-R SF.1005 y las grandes diferencias observadas. Esto es equivalente a un aumento de protección de 4 dB en el acimut más desfavorable. Se ha utilizado la constelación LEO D para determinar un posible conjunto de límites de dfp, y éstos se han aplicado al otro tipo de constelación. Después de varios tanteos, se determinó que valores de dfp de $-162/-152$ dB(W/m² en 4 kHz) no excedían del criterio de 4% previsto. La diferencia de 10 dB entre un gran ángulo de incidencia y un pequeño ángulo de incidencia es meramente arbitraria, pero el efecto del aumento se examina en el § 5.2.4.4.

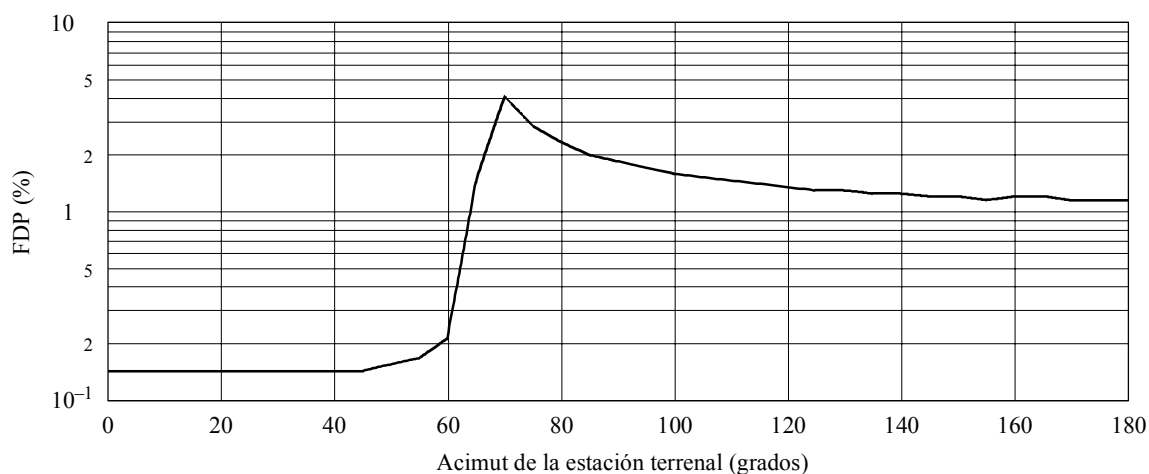
En las Figs. 3 y 4 se muestran los resultados obtenidos para enlaces de conexión de constelaciones LEO D y LEO F del SMS no OSG utilizando los siguientes valores de dfp a 7 GHz:

$-162/-152$ dB(W/m² en 4 kHz) en la banda de 7 GHz.

Estos valores, ponderados de forma apropiada con el efecto de las diferentes hipótesis, deben conducir a una disminución de estos valores y, finalmente, a un conjunto de límites de dfp que se puedan incluir en el texto principal de la presente Recomendación.

FIGURA 3

FDP debida a una constelación de tipo LEO D; servicio fijo a 50° N



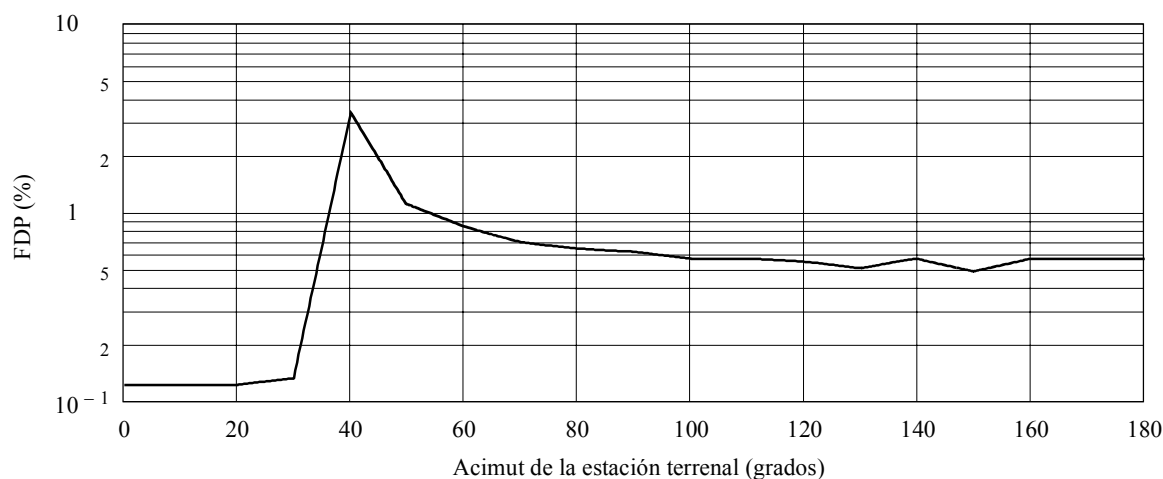
7 GHz; FDP = $-162/-152$ dB (W/m² en 4 kHz)

LEO D: 48 satélites/8 planos/52° de inclinación/1 414 km de altitud

1320-03

FIGURA 4

FDP debida a una constelación de tipo LEO F; servicio fijo a 50° N

7 GHz; DFP = -162/-152 dB(W/m² en 4 kHz)

LEO F: 10 satélites/2 planos/45° de inclinación/10 355 km de altitud

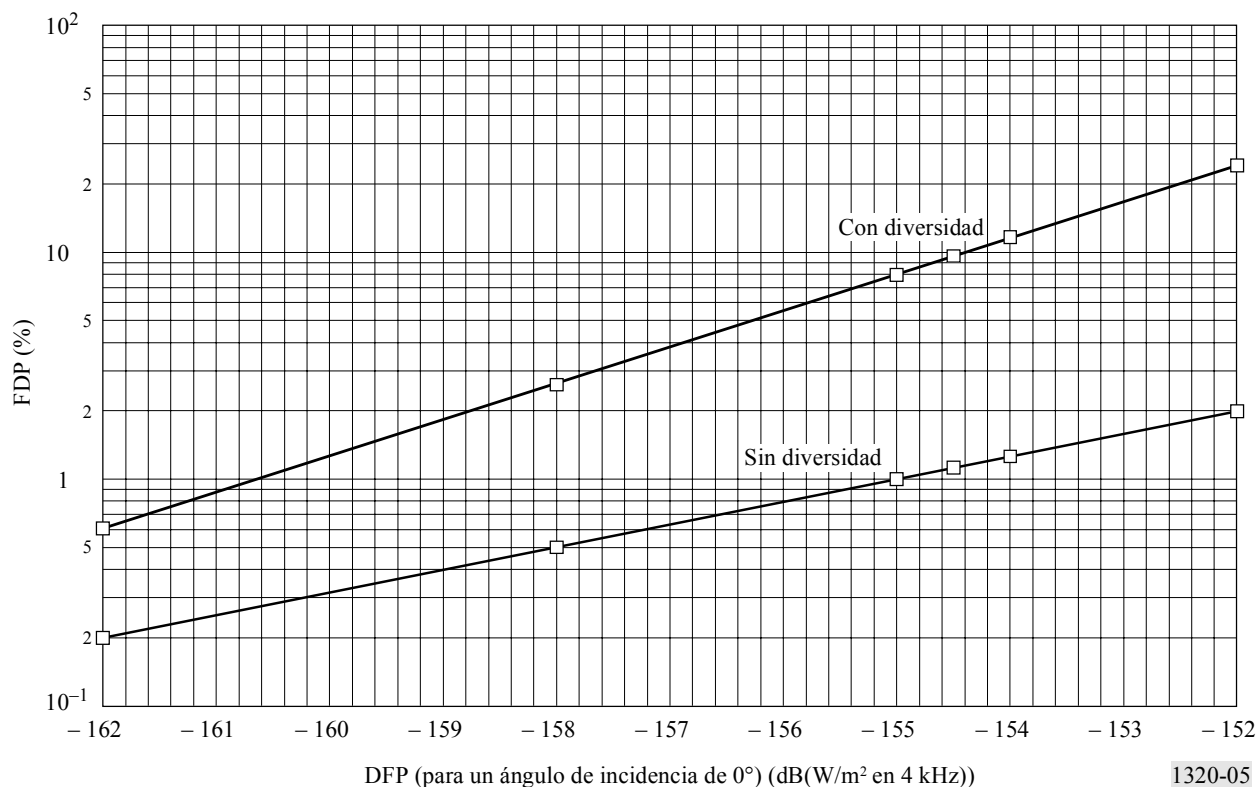
1320-04

La Fig. 5 muestra los resultados de otro estudio que simula la constelación LEO F completa y las estaciones del servicio fijo con y sin diversidad (es decir, la FDP indicada por las ecuaciones (1) y (3)) para el acimut de caso más desfavorable. Puede observarse que el valor de cresta de la FDP varía según los diferentes valores de la DFP (los valores de DFP indicados se refieren a un ángulo de incidencia de 0°).

FIGURA 5

Valores máximos de la FDP causada por una constelación de tipo LEO F a una estación del servicio fijo (3,7 m)

(Latitud 20° N, acimut de caso más desfavorable 48,5°)



1320-05

5.2.4 Efecto de las hipótesis

Se tomaron, entre otras, las siguientes hipótesis principales:

- latitud del servicio fijo a 50° ,
- ángulo de elevación del terminal del servicio fijo de 3° ,
- sin discriminación de polarización,
- diferencia de 10 dB entre el gran ángulo de incidencia y el pequeño ángulo de incidencia,
- FDP de cresta en explotación en banda inversa de 4%,
- utilización de una plantilla de dfp.

Conviene estudiar los efectos de cada una de estas hipótesis a fin de determinar si son sensibles a los límites de dfp derivados de un cálculo de FDP o para medir su grado de estabilidad.

5.2.4.1 Latitud del servicio fijo en 50°

Ya se sabe que hay una latitud más desfavorable asociada con cada constelación del SMS no OSG. Por lo general, cuanto mayor es la latitud, más intensa es la interferencia que suele tomar su valor máximo en latitudes próximas a la latitud más elevada que alcanza la órbita no OSG.

Si una constelación de satélites tiene una inclinación de aproximadamente 50° , parece adecuado y razonable elegir una latitud del servicio fijo de 50° . Por lo tanto, no habrá que disminuir los niveles de dfp sugeridos sobre la base de la hipótesis de una latitud de 50° .

5.2.4.2 Ángulo de elevación del servicio fijo

El ángulo de elevación del servicio fijo utilizado en esta sección era de 3° . Esta hipótesis también parece razonable dado que las estaciones del servicio fijo tienden a tener ángulos de elevación entre -1° y 3° . Sería tentador tomar sencillamente un ángulo de elevación de 1° y llamarlo un caso típico, pero este valor es en realidad más conservador que un ángulo de elevación de 3° .

Para dar una explicación se ha de considerar la geometría de la situación y las características de la función de FDP propiamente dicha. El haz principal de la antena del servicio fijo forma una paraboloide elíptica en el punto de intersección con la concha orbital. Cuanto más pequeño es el ángulo de elevación de la antena del servicio fijo, mayor es la paraboloide (por supuesto, a 0° de elevación, la mitad de la paraboloide queda recortada) y, por lo tanto, más tiempo tarda el satélite en atravesar la paraboloide. La FDP es función del tiempo durante el cual el satélite se halla en el haz de la antena del servicio fijo, la discriminación de la antena del servicio fijo orientada hacia el satélite en función del tiempo y la potencia de interferencia del satélite (FDP es proporcional a $I f_i$).

Normalmente, la FDP está dominada por estos sucesos de interferencia elevada a corto plazo. Por lo tanto, hay que elegir entre el tamaño de la paraboloide, o pequeños ángulos de elevación, y un aumento de los efectos de la interferencia con grandes ángulos de elevación.

Por consiguiente, la hipótesis de un ángulo de elevación del servicio fijo de 3° parece razonable dados los fenómenos observados.

5.2.4.3 Discriminación de polarización

Es probable que las transmisiones de enlace descendente no OSG tengan una polarización circular mientras que la mayoría de los sistemas del servicio fijo emplean señales polarizadas linealmente. Por lo tanto, hay una posible discriminación de polarización de 3 dB cuando el satélite se halla en el haz principal de la antena del servicio fijo, cuando la FDP es más sensible. Por lo tanto, parece posible aumentar en hasta 3 dB el límite de dfp con un pequeño ángulo de incidencia.

5.2.4.4 Incremento a escala de la plantilla de dfp

Se supone un aumento lineal de 10 dB entre el límite de dfp con un ángulo de incidencia de 5° y ese mismo límite con un ángulo de incidencia de 25° .

Un aumento de 3 dB del límite con un gran ángulo de incidencia tiene pocos efectos en cualquier acimut.

Se llega a la conclusión de que la FDP es muy sensible a la dfp con un pequeño ángulo de incidencia, pero se pueden tolerar aumentos del orden de 3 a 6 dB del límite con grandes ángulos de incidencia, por lo que se puede aceptar un aumento de sólo 4 dB. Para conformar una máscara de dfp que tenga en cuenta la caída rápida real de muchos diagramas de antena de satélites de enlaces de conexión del SMS no OSG, se considera apropiado un aumento de 6 a 10 dB con respecto al límite de dfp con un pequeño ángulo de incidencia.

5.2.4.5 Criterio de FDP con explotación en banda inversa

Ya se ha sugerido un criterio de FDP de 4%, que es equivalente a un aumento de la protección de 4 dB. Si se incrementa el pequeño ángulo de incidencia hasta alcanzar $-161 \text{ dB(W/m}^2 \text{ en 4 kHz)}$ en la banda de 7 GHz, se obtiene una FDP de aproximadamente 6% o un aumento de la protección de 2,2 dB. Si se aumenta el pequeño ángulo de incidencia hasta alcanzar $-160 \text{ dB(W/m}^2 \text{ en 4 kHz)}$ se obtiene una FDP de cresta de 8% (valor 1 dB más estricto), que no se considera aceptable.

Cada constelación no OSG examinada produce valores de FDP de cresta en determinados acimuts mientras que otros acimuts arrojan valores de FDP reducidos. Habida cuenta de este fenómeno, se puede considerar un valor de la dfp 1 dB menos estricto con un pequeño ángulo de elevación.

5.2.4.6 Utilización de una plantilla de dfp

Una plantilla dfp es conservadora de por sí. Puede ser un dispositivo reglamentario/técnico válido, pero no suele parecerse mucho a un diagrama de antena de satélite real. La utilización de una plantilla de dfp, por oposición a un diagrama de antena de satélite real, entraña que se evalúen más interferencias de llegada de las que se producirán realmente en la mayoría de los ángulos. Como esta interferencia suplementaria calculada es más significativa con ángulos de incidencia de entre 0° y 5° , pero muchos satélites emplean haces globales con una caída pequeña en esta zona, se sugiere la posibilidad de un aumento de 1 a 2 dB de la dfp con un pequeño ángulo de incidencia.

5.2.4.7 Redes múltiples de enlace de conexión del SMS no OSG

El UIT-R ha llegado a la conclusión de que dos redes de enlaces de conexión del SMS no OSG pueden compartir la misma frecuencia en la misma zona de cobertura. Si bien no se ha simulado esta posibilidad, se considera apropiado reducir en 3 dB los ángulos de incidencia grandes y pequeños. Cabe observar que en este caso se supone que las redes de enlaces de conexión del SMS no OSG funcionan en el mismo sentido.

5.2.5 Resumen de la situación a 7 GHz

De lo antedicho se desprenden varios factores que pueden conducir a valores de dfp diferentes de los indicados en el § 5.2.3. La mayoría de las hipótesis son conservadoras (concretamente la falta de discriminación de polarización), lo cual implica que estos valores de dfp pueden ser menos estrictos. Teniendo en cuenta la nueva utilización del servicio fijo, así como las futuras necesidades de enlaces de conexión del SMS no OSG, se puede llegar a un equilibrio que confiera una protección adecuada a la mayoría de los sistemas del servicio fijo y flexibilidad a las futuras redes de enlaces de conexión del SMS no OSG.

Por lo tanto, se considera apropiado reducir en 4 dB los límites de dfp indicados en el § 5.2.3, utilizando un margen de 10 dB entre los límites con ángulos de incidencia grandes y pequeños para dar mayor flexibilidad a las futuras redes de enlaces de conexión del SMS no OSG. Además, la anchura de banda de referencia de 1 MHz suele ser apropiada para proteger a los sistemas de radioenlaces analógicos y digitales. Por lo tanto, un límite de por ejemplo $-162/-152 \text{ dB(W/m}^2 \text{ en 4 kHz)}$ en la banda de 7 GHz del § 5.2.3 se puede traducir en un límite de $-134/-124 \text{ dB(W(m}^2 \cdot 4 \text{ MHz))}$.

Otro estudio, en el que no se han tenido en cuenta ninguno de los factores de reducción de la interferencia descritos anteriormente, muestra que los límites de la plantilla de dfp indicados en el *recomienda* 1.2.1 son adecuados para proteger los sistemas del servicio fijo.

5.3 Estudios de la compartición a 19 GHz

5.3.1 Parámetros de sistema a 19 GHz

Las características de sistema de los enlaces de conexión del SMS no OSG y del servicio fijo utilizadas en este estudio se indican en el Cuadro 4. Los parámetros de sistema se tomaron de la Recomendación UIT-R F.758 para el servicio fijo.

5.3.1.1 Efectos de la atenuación por gases atmosféricos en trayectos oblicuos

En la banda cerca de 19 GHz, la atenuación por gases atmosféricos en trayectos oblicuos se vuelve significativa. Es una función compleja de varios parámetros como la frecuencia y la altitud y el ángulo de elevación de la estación terrenal. Además, se puede prever por lo menos varios decibelios de atenuación en trayectos oblicuos en el estudio de compartición cerca de 19 GHz.

Si la utilización bidireccional de la banda de frecuencias se introduce en la banda cerca de 19 GHz, es necesario que los criterios de compartición sean más estrictos en un cierto número de decibelios según se indica en el § 2.3. No obstante, se puede llegar a la conclusión de que la necesidad de unos criterios de compartición más estrictos suele ser compensada por la citada atenuación en trayectos oblicuos.

5.3.1.2 Características técnicas del sistema de satélites LEO B

La constelación LEO B contiene 12 satélites en tres planos orbitales inclinados a 50° con respecto al plano ecuatorial. Cada satélite está situado en órbita circular a una altitud de 10 355 km. Este sistema utiliza las bandas de 1 610-1 626,5 MHz y 2 483,5-2 500 MHz respectivamente para el enlace de retorno (usuario-satélite) y el enlace de ida (satélite-usuario) del servicio móvil. Las bandas de frecuencias de 29,1-29,4 GHz y 19,3-19,6 GHz se utilizan, respectivamente, para los enlaces de conexión ascendente y descendente. Las funciones de carga útil de satélite son un simple transpondedor de traducción de frecuencias por guiondas acodado.

Las características orbitales de la constelación LEO B se indican en el Cuadro 1. Los Cuadros 2 y 3 contienen los parámetros del sistema de comunicaciones de satélite y de la estación terrena.

CUADRO 1

Parámetros orbitales del sistema LEO B

Número de satélites	12
Número de planos orbitales	3
Número de satélites/plano	4
Altitud (km)	10 355
Ángulo de inclinación (grados)	50
Periodo orbital (h)	6

CUADRO 2

Parámetros del sistema de comunicaciones de los satélites LEO B

Parámetros de satélite	Enlace de conexión
Frecuencia de recepción (Tierra-espacio) (GHz)	29,1-29,4
Anchura de banda de recepción (MHz)	300
Polarización de recepción	Polarización circular levógira
Cobertura de la antena	2,2° a aprox. 3 dB
Número de haces	3 antenas orientables
G/T de recepción (dB(K ⁻¹))	9,5 (cresta)
Frecuencia de transmisión (espacio-Tierra) (GHz)	19,3 a 19,6
Anchura de banda de transmisión (MHz)	300
Polarización de transmisión	Polarización circular dextrógira
Cobertura de la antena	3,0° a aprox. 3 dB
p.i.r.e. (dBW)	46,4

CUADRO 3

Parámetros de estación terrena LEO B

Parámetro	Estación terrena
Frecuencia de transmisión (Tierra-espacio) (GHz)	29,1-29,4
Anchura de banda de transmisión (MHz)	300
Polarización de transmisión	Polarización circular levógira
p.i.r.e. de transmisión (dBW)	85,9 (cresta)
Ganancia de la antena de transmisión (dBi)	64,8
Frecuencia de recepción (espacio-Tierra) (GHz)	19,3-19,6
Anchura de banda de recepción (MHz)	300
Polarización de recepción	Polarización circular dextrógira
Ganancia de la antena de recepción (dBi)	60,8
G/T de recepción (dB(K ⁻¹))	32,5

CUADRO 4

Parámetros de sistema y límites de dfp

Sistema fijo		
Banda de frecuencias (GHz)	17,7-19,7	
Tipo de sistema	MDP-4 O	
Capacidad (Mbit/s)	44,7	
Anchura de banda de canal (MHz)	40	
Ganancia de antena (dBi)	45	
Pérdida de alimentación (dB)	3	
Ruido térmico del receptor (dBW)	-125	
Interferencia nominal a largo plazo (dBW)	-131	
Sistema de enlaces de conexión del SMS no OSG		
Tipo de sistema	LEO A	LEO F
Frecuencia de enlace descendente (GHz)	19,4-19,6	20
Tipo de modulación	AMDF/MDP-4	MDP-4/AMDT
Altitud orbital (km)	780	10 355
Ángulo de inclinación (grados)	86	50
Número de satélites	66	12
Ángulo de explotación mínimo (grados)	8	5

5.3.1.3 Cálculo de los criterios de interferencia admisible

Para establecer los criterios de interferencia admisible se ha de calcular el valor del nivel de potencia de interferencia admisible. Este valor se puede determinar mediante la ecuación (4) de la Recomendación UIT-R SF.1006 como se indica a continuación:

$$P_r(p_2/n_2) = 10 \log(k T_r B + 10 \log(10^{M_s/10} - 1)) + N_L - W \quad \text{dBW}$$

Los parámetros de esta ecuación se definen en la Recomendación UIT-R SF.1006.

También se puede hacer referencia a la Recomendación UIT-R-SF.1005 que trata de la compartición entre el servicio fijo y el SFS en bandas atribuidas bidireccionalmente. Conforme a esta Recomendación, los criterios de interferencia

máxima admisible, a largo y a corto plazo, deben ser más estrictos en 5 dB que los calculados en la Recomendación UIT-R SF.1006 para las bandas de frecuencias entre 15,4 y 20,0 GHz. Si bien en la Recomendación UIT-R SF.1005 no se indica explícitamente el tipo de satélite (no OSG o OSG), el concepto también es aplicable no obstante al SMS no OSG.

El Cuadro 5 contiene los parámetros utilizados para calcular el nivel de interferencia de umbral.

CUADRO 5

Parámetros necesarios para determinar la interferencia admisible para una estación digital fija de recepción

Gama de frecuencias (GHz)		15-40
Servicio del sistema interferente		Fijo por satélite
p_2 (%)		0,005
n_2		1
B (Hz)		10^6
J (dB)		0
W (dB)		0
M_s (dB)		25
N_L (dB)		0
Potencia de interferencia máxima admisible ⁽¹⁾ (dBW)	P_r (0,005%)	-116 -121 ⁽²⁾
	P_r (20%) ⁽³⁾	-147 -152 ⁽²⁾

(1) La potencia de interferencia máxima admisibles se calcula utilizando el nivel de ruido térmico real del sistema del servicio fijo indicado en este estudio.

(2) Este valor se utiliza para la banda de frecuencias con utilización bidireccional.

(3) Los criterios de interferencia a largo plazo se obtienen a partir del Cuadro 4.

5.3.1.4 Cálculo del nivel de interferencia causado al servicio fijo

Se ha desarrollado un programa informático para calcular la interferencia causada por satélites no OSG a una estación terrenal. La posición del satélite se determina sobre la base de sus parámetros orbitales utilizando incrementos de tiempo de 2 y 30 s respectivamente para LEO A y LEO F. Si el satélite es visible para el servicio fijo, la interferencia del satélite se calcula a partir de los límites de dfp utilizando la siguiente ecuación:

$$I_t = dfp + 10 \log(\lambda^2/4\pi) + G_{SF} - L_{atm} - \text{Pérdida de alimentación}$$

donde:

G_{SF} : ganancia de la antena del servicio fijo en la dirección del satélite (dB)

L_{atm} : atenuación atmosférica (dB)

dfp : véase el § 5.1 para los límites.

Como se supone que los satélites transmiten todo el tiempo en este estudio, la estación del servicio fijo puede experimentar interferencia causada por múltiples satélites al mismo tiempo.

5.3.1.5 Hipótesis

- La estación del servicio fijo está situada a 45° N con ángulos de elevación de antena de 0° y 3°.
- El diagrama de antena del servicio fijo se toma de la Recomendación UIT-R F.699.
- La simulación dura 30 días.

5.3.1.6 Resultados de la interferencia acumulada

En la Fig. 6 se representa la distribución acumulada de la potencia de interferencia recibida por la estación del servicio fijo con una elevación de antena de 3° que apunta al acimut más desfavorable para varias constelaciones no OSG que

funcionan con los ángulos de elevación mínimos requeridos. La Fig. 7 muestra la sensibilidad del ángulo de elevación de la antena del servicio fijo con respecto a la potencia de interferencia cuando se utiliza una constelación LEO A que funciona con el ángulo de elevación mínimo requerido y los satélites del servicio fijo con ángulos de elevación de 0° y 3° . También se estudian las consecuencias del ángulo de elevación mínimo de satélite sobre el servicio fijo y los resultados se indican en las Figs. 8 y 9 tomando como hipótesis que todas las constelaciones LEO funcionan con un ángulo mínimo de 0° .

FIGURA 6

Función de distribución acumulada de la interferencia causada por sistemas no OSG al servicio fijo con el acimut del caso más desfavorable

Servicio fijo a 45° N

Ángulo de elevación de antena = 3°

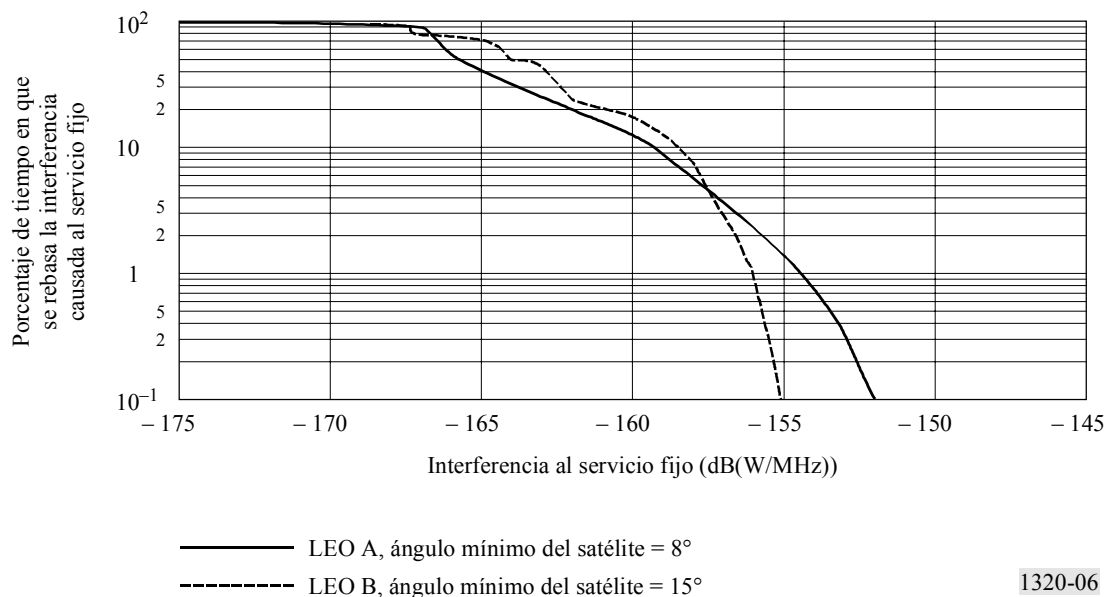


FIGURA 7

Función de distribución acumulada de la interferencia causada por sistemas LEO A al servicio fijo con el acimut del caso más desfavorable

Servicio fijo a 45° N

Ángulo mínimo de funcionamiento del satélite = 8°

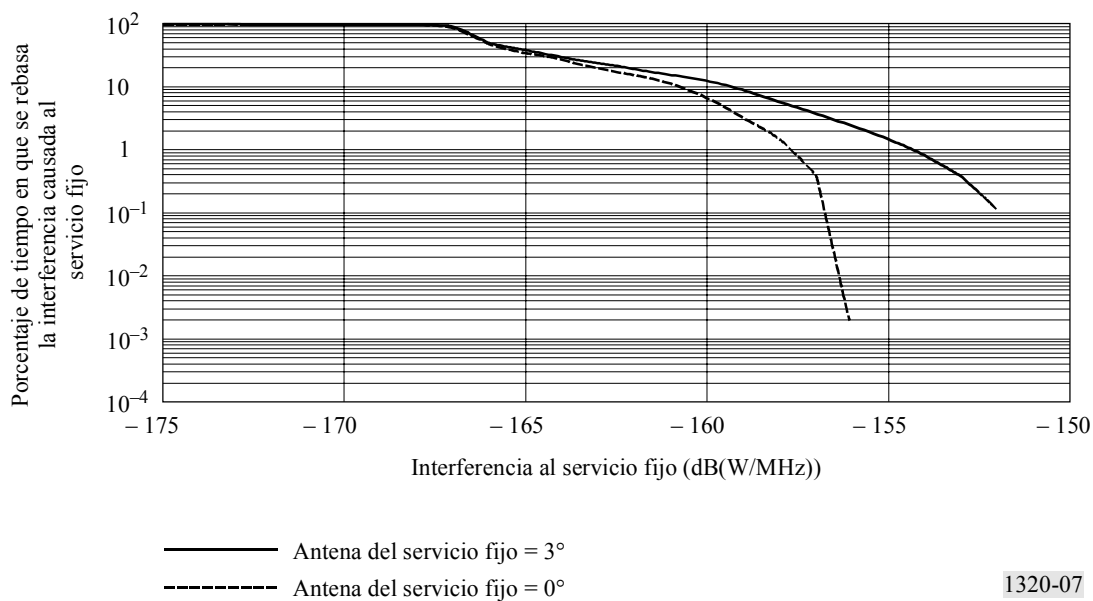


FIGURA 8

Función de distribución acumulada de la interferencia causada por sistemas no OSG al servicio fijo con el acimut del caso más desfavorable

Ángulo mínimo de funcionamiento del satélite = 0°

Servicio fijo a 45° N

Ángulo de elevación de la antena = 0°

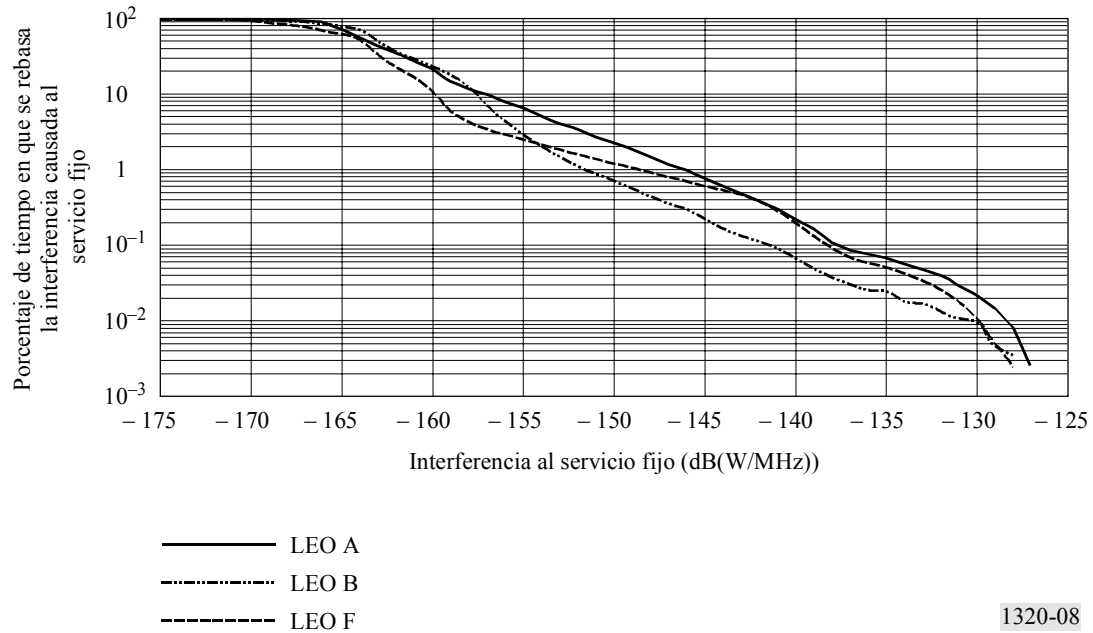


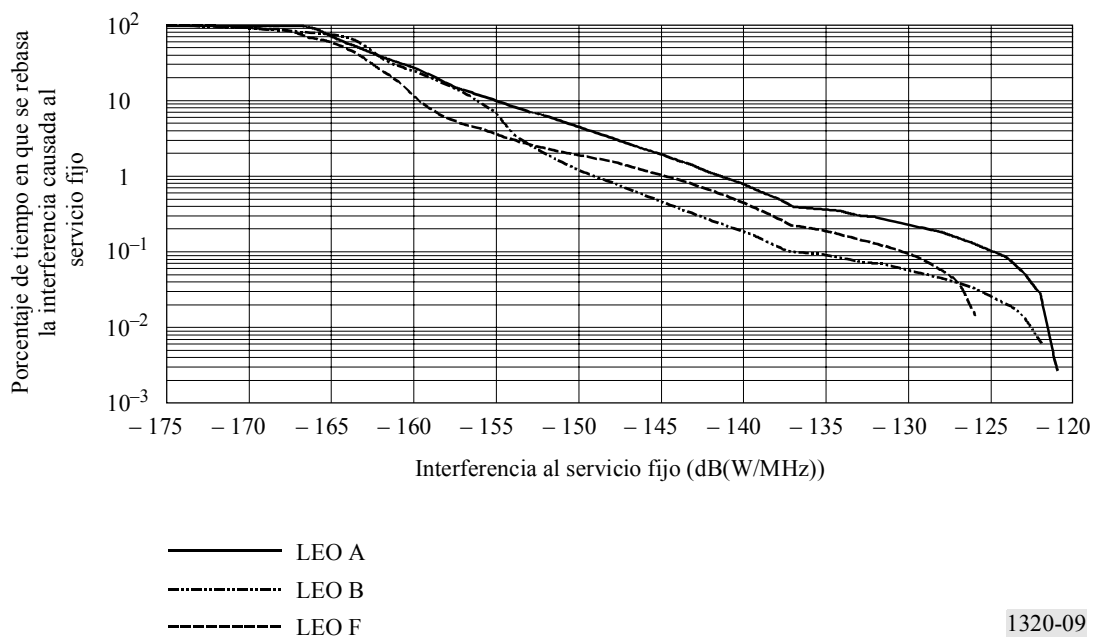
FIGURA 9

Función de distribución acumulada de la interferencia causada por sistemas no OSG al servicio fijo con el acimut del caso más desfavorable

Ángulo mínimo de funcionamiento del satélite = 0°

Servicio fijo a 45° N

Ángulo de elevación de la antena = 3°



De estos resultados se desprende que, en casos de explotación unidireccional y bidireccional:

- Para todas las constelaciones LEO que funcionan con el ángulo de elevación mínimo requerido (según se indica en la Fig. 6), la potencia de interferencia recibida cuando se utilizan los valores de DFP de $-115/-105$ dB(W(m² · MHz)) indicados en el texto principal de la presente Recomendación, nunca rebasa el límite de interferencia definido en el criterio a corto plazo. Para el criterio a largo plazo, el tiempo de interferencia acumulado, es muy inferior al porcentaje de tiempo requerido. El caso más desfavorable se da en la constelación LEO F en que el porcentaje de tiempo durante el cual la potencia de interferencia rebasa el requisito de calidad de funcionamiento es 0,06% a $I = -147$ dB(W/MHz) (caso unidireccional) y 0,55% a $I = -152$ dB(W/MHz) (caso bidireccional).
- A medida que disminuye el ángulo de elevación de la antena del servicio fijo, también disminuye el porcentaje de interferencia para cualquier periodo de tiempo determinado. Ello se debe a la discriminación de la antena del servicio fijo. Como se indica en la Fig. 7, si se utiliza una constelación LEO A el nivel máximo de potencia de interferencia para un ángulo de elevación del servicio fijo de 0° es aproximadamente 4 dB inferior al correspondiente a un ángulo de elevación del servicio fijo de 3°.
- Para los satélites que funcionan con un ángulo de elevación mínimo de 0° (según se indica en las Figs. 8 y 9) la potencia de interferencia recibida es muy superior a la correspondiente a los satélites que funcionan con su ángulo de elevación mínimo especificado real. No obstante, incluso cuando la interferencia es superior, sigue cumpliendo los criterios de interferencia a largo y corto plazo en casos de explotación unidireccional y bidireccional.

5.3.2 Método de cálculo de la FDP

5.3.2.1 FDP en el receptor del servicio fijo

La FDP en el receptor del servicio fijo, para un acimut, Az , se puede calcular como:

$$FDP_{Az} = (1/T_{m\acute{a}x}) \sum_{n = m\acute{i}n}^{m\acute{a}x} \left(10^{\frac{I_{0,t_n} - N_0}{10}} \right) (\Delta t_n)$$

donde:

I_{0,t_n} : densidad de interferencia calculada en el instante t_n (dB(W/Hz))

N_0 : densidad de ruido térmico (dB(W/Hz))

Δt_n : intervalo de tiempo ($t_n - t_{n-1}$)

$T_{m\acute{a}x}$: duración de la simulación.

I_{0,t_n} se puede calcular como:

$$I_{0,t_n} = pfd - 10 \log(4\pi/\lambda^2) - 60 + G_{SF}(\alpha)$$

donde $G_{SF}(\alpha)$ es la ganancia de antena de recepción del servicio fijo en el sentido del satélite de enlace de conexión del SMS no OSG.

El ángulo de separación α se puede calcular del modo siguiente:

$$\alpha = \cos^{-1}[\cos(E1) \cos(E2) \cos(A1 - A2) + \sin(E1) \sin(E2)]$$

donde:

$E1$: ángulo de elevación de la estación del servicio fijo con respecto al satélite LEO B

$A1$: ángulo de acimut de la estación del servicio fijo con respecto al satélite LEO B

$E2$: ángulo de elevación de la estación del servicio fijo con respecto a otra estación del servicio fijo

$A2$: ángulo de acimut de la estación del servicio fijo con respecto a otra estación del servicio fijo.

Se supone que la estación terrena LEO B está situada en la misma posición que la estación del servicio fijo, y que la antena de satélite LEO B apunta hacia la estación terrena LEO B.

5.3.2.2 dfp

El método de acceso del sistema LEO B es el acceso múltiple por división de código (AMDC). Generalmente, el sistema LEO B funciona con una dfp baja, normalmente 10 a 15 dB por debajo de los límites estipulados en el RR, que varían entre -115 y -105 dB(W/(m² · MHz)). Los enlaces de conexión del SMS no OSG funcionan con una gran disponibilidad de enlace, normalmente 99,9% o superior. Según cual sea la demanda de tráfico y la pluviosidad de la región, el sistema LEO B puede funcionar con los límites de la Unión Internacional de Telecomunicaciones (UIT) durante un porcentaje de tiempo muy reducido.

En esta simulación, la máscara de DFP de $-115/-105$ dB(W/(m² · MHz)) se aplicó a todos los satélites de la constelación LEO B. También se tomó como hipótesis que la estación terrena LEO B, con antenas múltiples, comunica con todos los satélites en su zona de visibilidad y está situada en el mismo lugar que la estación del servicio fijo.

5.3.2.3 Resultados de la simulación de un solo sistema de enlace de conexión

Se efectuó una simulación de 12 satélites LEO B en un periodo de 24 h, con intervalos de tiempo de 15 s. En nuestra simulación, tomamos las hipótesis siguientes:

- Características del receptor del servicio fijo:
 - frecuencia de recepción: 19,3-19,6 GHz
 - ganancia de antena: 42 y 45 dBi
 - factor de ruido total del sistema: 5, 7 y 9 dB
 - ubicación de la estación del servicio fijo: 43,4° latitud N
70,2° longitud W
 - ángulo de elevación de la estación del servicio fijo: 3°.
- Ángulo mínimo de elevación de explotación del sistema LEO B: 5°.
- Ubicación de la estación terrena LEO B: 43,4° latitud N
70,2° longitud W.
- Ninguna ventaja de polarización.
- El diagrama de la antena de recepción del servicio fijo se basa en la Recomendación UIT-R F.699.

Los valores de FDP en el receptor del servicio fijo para ganancias de antena de 42 y 45 dBi se indican en las Figs. 10 y 11. En esas dos Figuras, se observa que el nivel de interferencia en un receptor del servicio fijo con una ganancia de antena de 42 dBi es ligeramente superior al nivel en un receptor del servicio fijo con una ganancia de antena de 45 dBi. Esto se debe a que una antena con una ganancia de 42 dBi tiene una caída más lenta que una antena con una ganancia de 45 dBi, como se puede ver en la Fig. 12.

5.3.2.4 FDP en un receptor del servicio fijo debida a dos sistemas de enlace de conexión en banda directa del SMS no OSG

Los estudios de compartición presentan resultados de simulaciones de la compartición de frecuencias entre dos sistemas de enlace de conexión del SMS no OSG en las bandas de 29/19 GHz. De estos resultados se desprende que estaciones terrenas de dos sistemas de enlace de conexión del SMS no OSG pueden estar situadas en la misma ubicación aunque funcionen con polarizaciones opuestas, ya que los enlaces de conexión exigen un elevado margen para obtener la disponibilidad deseada. La disponibilidad de enlace de conexión típica es superior a 99,9%.

Además, los enlaces de conexión del SMS no OSG que funcionan en las bandas de 29/19 GHz deben utilizar haces puntuales para obtener las relaciones G/T y las p.i.r.e. deseadas. Por lo tanto, hay muy pocas probabilidades de que el receptor del servicio fijo reciba interferencias de más de un sistema de enlace de conexión del SMS no OSG en cualquier momento.

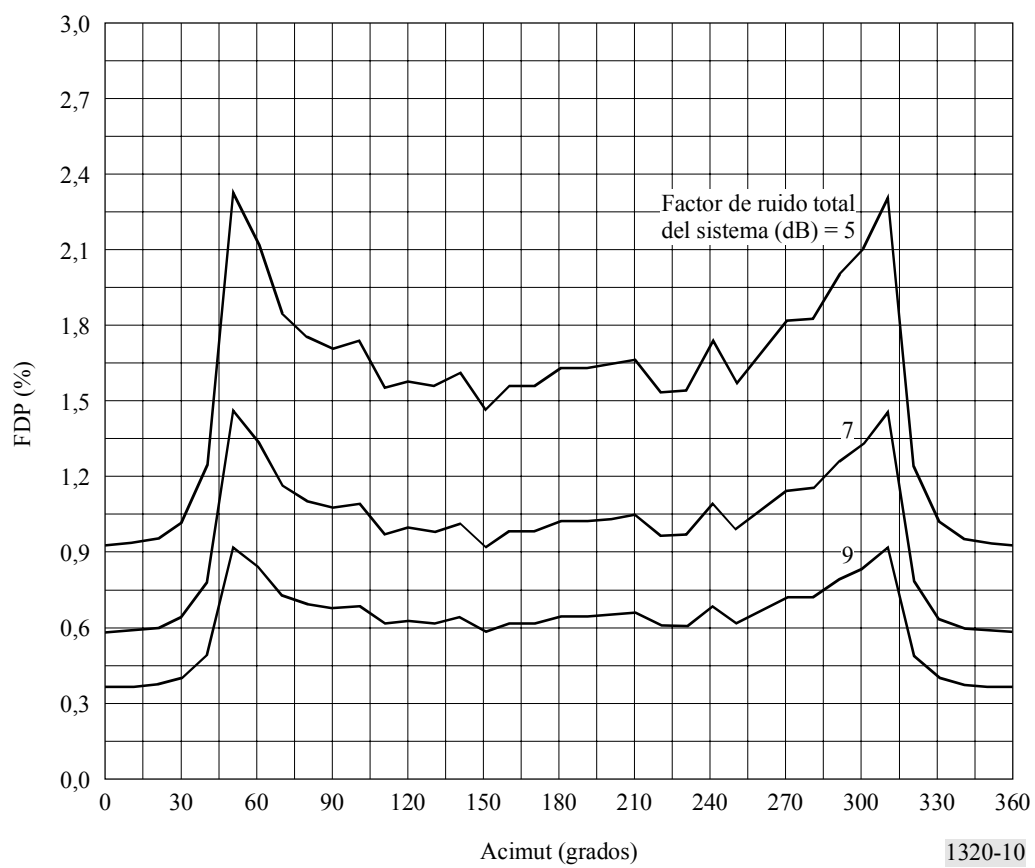
No obstante, en el análisis del caso más desfavorable se supone que el receptor del servicio fijo está situado dentro de la anchura de haz de 3 dB de satélite de cada sistema del SMS no OSG y, por lo tanto, recibe interferencia de ambos sistemas simultáneamente. Si los dos sistemas del SMS no OSG funcionan con el límite de dfp de la UIT y se tiene en cuenta el aislamiento de polarización de 3 dB entre sistemas de satélite y terrenales, la FDP en el receptor del servicio fijo es la misma que la indicada en las Figs. 10 y 11.

5.3.2.5 Compartición con el servicio fijo de enlaces de conexión del SMS no OSG en banda inversa (Tierra-espacio)

La compartición entre enlaces de conexión del SMS no OSG que funcionan en el sentido Tierra-espacio y receptores del servicio fijo no se ha examinado en este estudio.

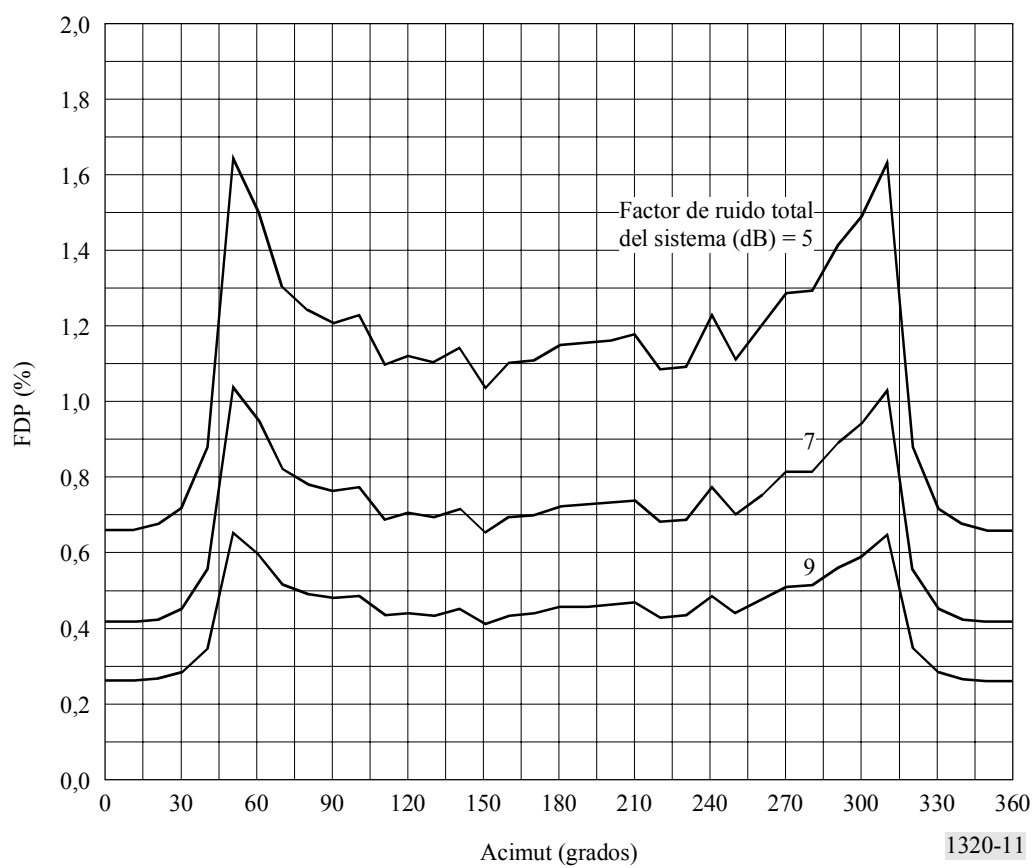
FIGURA 10

FDP en el receptor del servicio fijo debida a una constelación del tipo LEO B
(ganancia de antena de la estación del servicio fijo = 42 dBi)



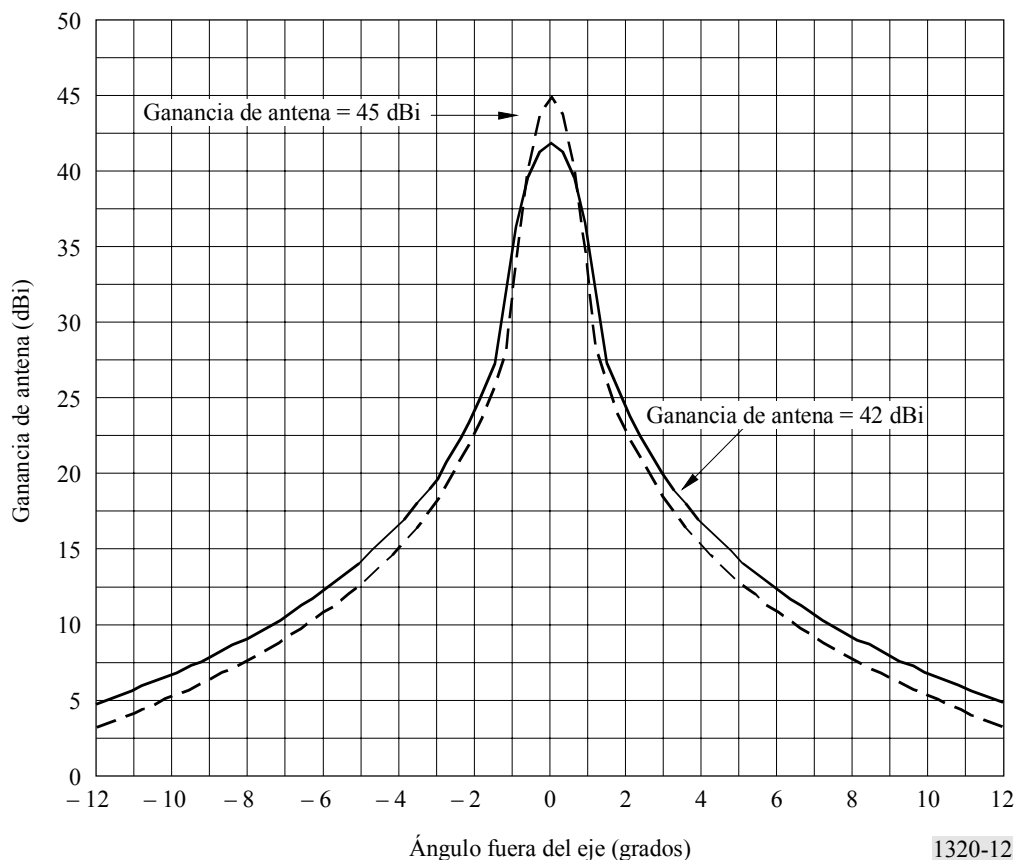
1320-10

FIGURA 11
FDP en el receptor del servicio fijo debida a una constelación del tipo LEO B
(ganancia de antena del servicio fijo = 45 dBi)



1320-11

FIGURA 12
Diagramas de antena de recepción del servicio fijo
(véase la Recomendación UIT-R F.699)



5.3.2.6 Niveles de interferencia acumulada del sistema LEO B

Además de las simulaciones de FDP indicadas anteriormente, las distribuciones acumuladas de densidad de interferencia, (I_0), causada por el sistema LEO B en un receptor del servicio fijo, con ángulos de elevación de la estación del servicio fijo de 0° y 3° , se indican en las Figs. 13 y 14. Estos resultados se han obtenido a partir de una simulación informática de la constelación de satélite, utilizando la siguiente fórmula para calcular I_0 :

$$I_0 = dfp - 10 \log(4\pi/\lambda^2) + G_{SF}(\alpha) \quad \text{dB(W/MHz)}$$

En este caso tampoco se ha tenido en cuenta la atenuación atmosférica ni la pérdida de alimentación.

5.3.3 Resultados a 19 GHz

Se han examinado las repercusiones de la interferencia causada por enlaces de conexión del SMS no OSG en la banda de 19 GHz que funcionan con los límites de dfp vigentes del Artículo S21 del RR. Estos resultados indican que la interferencia se mantendrá dentro de límites aceptables. El porcentaje de tiempo durante el cual la interferencia rebasa el nivel admisible es superior en caso de funcionamiento bidireccional.

Hay que observar que el análisis se lleva a cabo para una estación del servicio fijo situada a 45° N y orientada en la dirección de acimut más desfavorable. El nivel de interferencia (o el porcentaje de tiempo en que se produce la interferencia) puede ser superior si la estación del servicio fijo está situada más al Norte. No obstante, el aumento de la potencia de interferencia no será bastante significativo para cambiar las conclusiones, debido a que el nivel de interferencia es muy inferior al criterio.

Los resultados de la simulación muestran que la FDP de un sistema del servicio fijo, debida al enlace descendente del sistema de enlace de conexión del SMS no OSG, es inferior a 2%. En este estudio se ha supuesto que el sistema LEO B

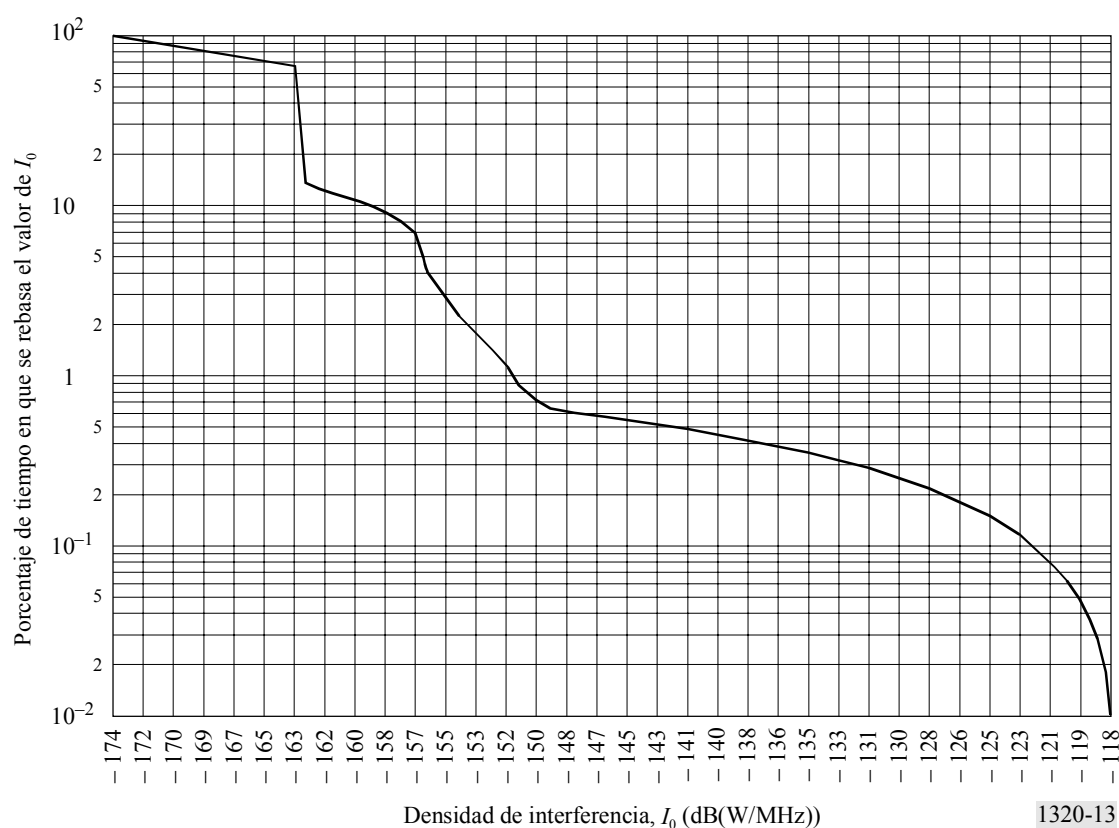
funciona con el límite de dfp del RR y un ángulo de elevación de 5° y que la estación terrena LEO B comunica con todos los satélites visibles. No se ha tenido en cuenta el aislamiento de polarización. Aunque se ha analizado el caso más desfavorable, la FDP en el receptor del servicio fijo sigue siendo inferior a 2%.

Resumiendo, se puede decir que los límites de dfp vigentes del Artículo S21 del RR para la banda de 19,3-19,6 GHz deberían proteger al servicio fijo de forma adecuada.

FIGURA 13

Densidad de interferencia, I_0 , en el receptor del servicio fijoÁngulo de elevación del servicio fijo = 0° Ángulo de elevación de LEO B = 0°

Acimut del caso más desfavorable



6 Límites de dfp propuestos

Sobre la base de los análisis efectuados en los diversos estudios y del examen de los factores de reducción (véase el § 5.2.4), se propone aplicar los siguientes límites de dfp a cada satélite del SMS no OSG que funciona en modo de banda inversa:

6 700-6 825 MHz: $-137/-127$ dB(W/m² en 1 MHz)

6 825-7 075 MHz: $-134/-124$ dB(W/m² en 1 MHz) y $-154/-144$ dB(W/m² en 4 kHz)

donde se añade el límite con una anchura de banda de referencia de 4 kHz para ofrecer una protección adicional a los sistemas de radioenlaces analógicos de gran capacidad.

El siguiente límite es apropiado para la banda de 19,3-19,6 GHz:

19,3-19,6 GHz: $-115/-105$ dB(W/m² en 1 MHz)

Estos límites de dfp se obtienen tomando como hipótesis dos redes de enlace de conexión del SMS no OSG.

FIGURA 14

Densidad de interferencia, I_0 , en el receptor del servicio fijoÁngulo de elevación del servicio fijo = 3° Ángulo de elevación de LEO B = 5° 