

RECOMENDACIÓN UIT-R SA.1273*

NIVELES DE DENSIDAD DE FLUJO DE POTENCIA CAUSADOS POR LOS SERVICIOS DE INVESTIGACIÓN ESPACIAL, DE OPERACIONES ESPACIALES Y DE EXPLORACIÓN DE LA TIERRA POR SATÉLITE EN LA SUPERFICIE DE LA TIERRA NECESARIOS PARA PROTEGER EL SERVICIO FIJO EN LAS BANDAS 2 025-2 110 MHz Y 2 200-2 290 MHz

(Cuestiones UIT-R 118/7 y UIT-R 113/9)

(1997)

La Asamblea de Radiocomunicaciones de la UIT,

considerando

- a) que los sistemas de los servicios de investigación espacial (SIE), de operaciones espaciales (SOE) y de exploración de la Tierra por satélite (SETS) y el servicio fijo comparten las bandas 2 025-2 110 MHz y 2 200-2 290 MHz;
- b) que el servicio fijo explota y tiene previsto explotar una cierta variedad de sistemas punto a punto y punto a multipunto (P-MP) utilizando técnicas analógicas y digitales en estas bandas;
- c) que, debido a la citada compartición, es necesario asegurar que las emisiones procedentes de los satélites no provocan interferencia inaceptable a los sistemas del servicio fijo;
- d) que los sistemas del servicio fijo deben protegerse satisfactoriamente contra las emisiones procedentes de satélites imponiendo unos límites adecuados a la densidad de flujo de potencia (dfp) producida en la superficie de la Tierra, en una anchura de banda de referencia;
- e) que, no obstante, las limitaciones de dfp producida en la superficie de la Tierra no deben imponer restricciones indebidas al diseño de sistemas de los SIE, de SOE y de SETS;
- f) que la degradación de la calidad de funcionamiento de un sistema del servicio fijo depende de la suma de degradaciones debidas a emisiones procedentes de todas las estaciones espaciales que son visibles a dicho sistema;
- g) que la banda 2025-2110 MHz se utiliza para enlaces Tierra-espacio con vehículos espaciales en órbita terrestre baja (LEO) y en la órbita de los satélites geoestacionarios (OSG); la banda también se utiliza para enlaces espacio-espacio, típicos en las radiocomunicaciones entre vehículos espaciales de retransmisión de datos (SRD – satélites de transmisión de datos) y vehículos espaciales LEO;
- h) que la banda 2200-2290 MHz se utiliza para enlaces espacio-Tierra por los vehículos espaciales LEO y OSG; esta banda también se emplea para enlaces espacio-espacio, típicos en las radiocomunicaciones entre vehículos espaciales LEO y SRD;
- j) que en los sistemas de los SIE, SOE y SETS, se utilizan técnicas para disminuir la densidad espectral de potencia de radiofrecuencia producida por las emisiones de los satélites,

recomienda

1 que en la banda 2200-2290 MHz la máxima dfp producida en la superficie de la Tierra por las emisiones procedentes de una estación espacial que funciona en el sentido espacio-Tierra, para todas las condiciones y métodos de modulación, no rebase los siguientes valores:

- $-130 \text{ dB(W/m}^2\text{)}$ en cualquier banda de 1 MHz, para ángulos de llegada menores de 5° por encima del plano horizontal;
- $-130 + 0,5(\delta - 5) \text{ dB(W/m}^2\text{)}$ en cualquier banda de 1 MHz, para ángulos de llegada δ (grados) comprendidos entre 5° y 25° por encima del plano horizontal;
- $-120 \text{ dB(W/m}^2\text{)}$ en cualquier banda de 1 MHz, para ángulos de llegada comprendidos entre 25° y 90° por encima del plano horizontal;

* Esta Recomendación fue elaborada de manera conjunta por las Comisiones de Estudio 7 y 9 de Radiocomunicaciones y sus futuras revisiones deberán ser realizadas conjuntamente por dichas Comisiones de Estudio.

2 que en la banda 2 200-2 290 MHz, la máxima dfp producida en la superficie de la Tierra por las emisiones procedentes de una estación espacial LEO funcionando en sentido espacio-espacio, para todas las condiciones y métodos de modulación, no rebase los siguientes valores:

- $-127 \text{ dB(W/m}^2\text{)}$ en cualquier banda de 1 MHz, para ángulos de llegada menores de 5° por encima del plano horizontal;
- $-127 + 0,5 (\delta - 5) \text{ dB(W/m}^2\text{)}$ en cualquier banda de 1 MHz, para ángulos de llegada δ (grados) comprendidos entre 5° y 25° por encima del plano horizontal;
- $-117 \text{ dB(W/m}^2\text{)}$ en cualquier banda de 1 MHz, para ángulos de llegada comprendidos entre 25° y 90° por encima del plano horizontal;

3 que en la banda 2 025-2 110 MHz la máxima dfp producida en la superficie de la Tierra por las emisiones procedentes de un SRD situado en la OSG, para todas las condiciones y métodos de modulación, no rebase los siguientes valores:

- $-130 \text{ dB(W/m}^2\text{)}$ en cualquier banda de 1 MHz, para ángulos de llegada menores de 5° por encima del plano horizontal;
- $-130 + 0,5 (\delta - 5) \text{ dB(W/m}^2\text{)}$ en cualquier banda de 1 MHz, para ángulos de llegada δ (grados) comprendidos entre 5° y 25° por encima del plano horizontal;
- $-120 \text{ dB(W/m}^2\text{)}$ en cualquier banda de 1 MHz, para ángulos de llegada comprendidos entre 25° y 90° por encima del plano horizontal;

3.1 que en algunas ocasiones excepcionales en que pueda ser necesario se rebase el valor de $-130 \text{ dB(W/m}^2\text{)}$ en cualquier banda de 1 MHz hasta 6 dB, pero durante no más del 5% del tiempo a fin de compensar la interferencia de fondo;

4 que los límites anteriores se apliquen a los valores de dfp y ángulos de llegada que deben obtenerse en condiciones de propagación en espacio libre;

5 que se haga referencia al Anexo 1 para ofrecer orientaciones adicionales relativas a la presente Recomendación.

NOTA 1 – En la elaboración del *recomienda 2*, se ha determinado que las transmisiones espacio-espacio de los servicios de radiocomunicaciones espaciales controlan el entorno de compartición con el servicio fijo.

ANEXO 1

Consideraciones sobre la interferencia causada por los SIE, SOE y SETS al servicio fijo en las bandas 2 025-2 110 MHz y 2 200-2 290 MHz

1 Introducción

En este Anexo se hacen consideraciones adicionales para justificar los valores de dfp indicados en los *recomienda 1*, *2* y *3*. Los valores señalados en este Anexo se han obtenido calculando los efectos de la interferencia continua procedente de emisiones de SRD en la OSG o realizando simulaciones por el método de Montecarlo del efecto de las emisiones procedentes de SRD en la OSG y satélites LEO sobre estaciones del servicio fijo, aplicando los principios indicados en las Recomendaciones UIT-R F.1107 y UIT-R F.1108. Las posiciones orbitales para los SRD se obtuvieron de la Recomendación UIT-R SA.1275; los parámetros del sistema del servicio fijo se obtuvieron de las Recomendaciones UIT-R M.1143 y UIT-R F.759 y las características orbitales de los satélites de servicios científicos espaciales LEO se obtuvieron del Informe del Grupo de Dirección de los Servicios Científicos Espaciales (Anexo 4 al Documento 7B/26-9D/54 de 16 de noviembre de 1994).

En el § 2 se resumen los resultados aplicables a las emisiones de satélites OSG en la banda 2 200-2 290 MHz. El § 3 presenta los resultados aplicables a las emisiones de satélites LEO en la banda 2 200-2 290 MHz y el § 4 trata las emisiones de los SRD en la banda 2 025-2 110 MHz. En cada punto se llega a una conclusión que justifica los valores de dfp señalados en los *recomienda* correspondientes.

2 Niveles de dfp aplicables a las emisiones de satélites OSG en la banda 2 200-2 290 MHz

Un cierto número de satélites OSG que funcionan en la red terrestre de los servicios científicos espaciales utilizan la banda 2 200-2 290 MHz (espacio-Tierra) para verificación de las operaciones de seguimiento, teledirigida y teleguiada (STT), de manera habitual en la explotación o de forma esporádica a causa de una contingencia. Los satélites científicos suelen utilizar la banda para fines de explotación mientras que los satélites de aplicaciones tales como los satélites del servicio fijo, del servicio de radiodifusión o del servicio móvil, normalmente la emplean de manera eventual. Los datos recopilados sobre la cantidad de satélites OSG indican que su número variará a lo largo de un periodo que abarca 10 años, hasta 2005, entre 87 y 117. En una ubicación orbital concreta habrá únicamente unas pocas asignaciones y se producirá una ampliación significativa de la órbita de los satélites OSG donde no haya asignaciones existentes o previstas. La p.i.r.e. del 96% de las asignaciones actuales a satélites geoestacionarios es inferior a +10 dBW, lo que supone una dfp total sobre la superficie de la Tierra menor de $-153 \text{ dB(W/m}^2\text{)}$. Teniendo en cuenta las anchuras de banda necesarias de los satélites OSG, con la salvedad de unas pocas asignaciones, la densidad de potencia isotropa radiada equivalente (p.i.r.e.) de las transmisiones de los satélites OSG es menor de -10 dB(W/4 kHz) dando lugar a una dfp sobre la superficie de la Tierra por debajo de $-173 \text{ dB(W/m}^2\text{)}$ en cualquier banda de 4 kHz ($-149 \text{ dB(W/m}^2\text{)}$ en cualquier banda de 1 MHz) para todos los ángulos de llegada.

Basándose en estos datos puede llegarse a la conclusión de que las emisiones procedentes de satélites OSG en la banda 2 200-2 290 MHz no son fuentes significativas de interferencia potencial al servicio fijo. Para asegurar que se ofrece la flexibilidad suficiente a las aplicaciones de los SRD en el futuro, protegiendo a la vez al servicio fijo, será adecuado establecer un nivel de dfp equivalente a $-154/-144 \text{ dB(W/(m}^2 \cdot 4 \text{ kHz))}$ como indicado en el número S21.16, Cuadro S21-4, del Reglamento de Radiocomunicaciones (RR) para la banda 2 200-2 300 MHz (máscara A) con referencia a 1 MHz, para compartición de esta banda.

3 Niveles de dfp aplicables a las emisiones de satélites LEO en la banda 2 200-2 290 MHz

3.1 Diversos estudios de simulación han considerado la interferencia de enlace descendente procedente de 24 combinaciones de SRD – satélites LEO, considerando a cada uno de los DRS como transmisor/receptor simultáneo a/desde dos satélites LEO (mientras eran visibles). Se supuso que todas las combinaciones SRD-LEO funcionaban de manera conjunta y en modo cocanal. Los parámetros de transmisión utilizados en el modelo figuran en el Cuadro 1.

CUADRO 1

Parámetros de transmisión del satélite utilizados en el modelo

	SRD	Satélites LEO
Densidad de potencia en la antena (dB(W/Hz))	-57,7	-83,5 ⁽¹⁾
Ganancia de transmisión (dBi)	34,7	28,5
Ganancia de recepción (dBi)	36,0	28,5
Diagrama de antena	Recomendación UIT-R S.672 (lóbulo lateral a -20 dB)	Recomendación UIT-R S.672 (lóbulo lateral a -20 dB)

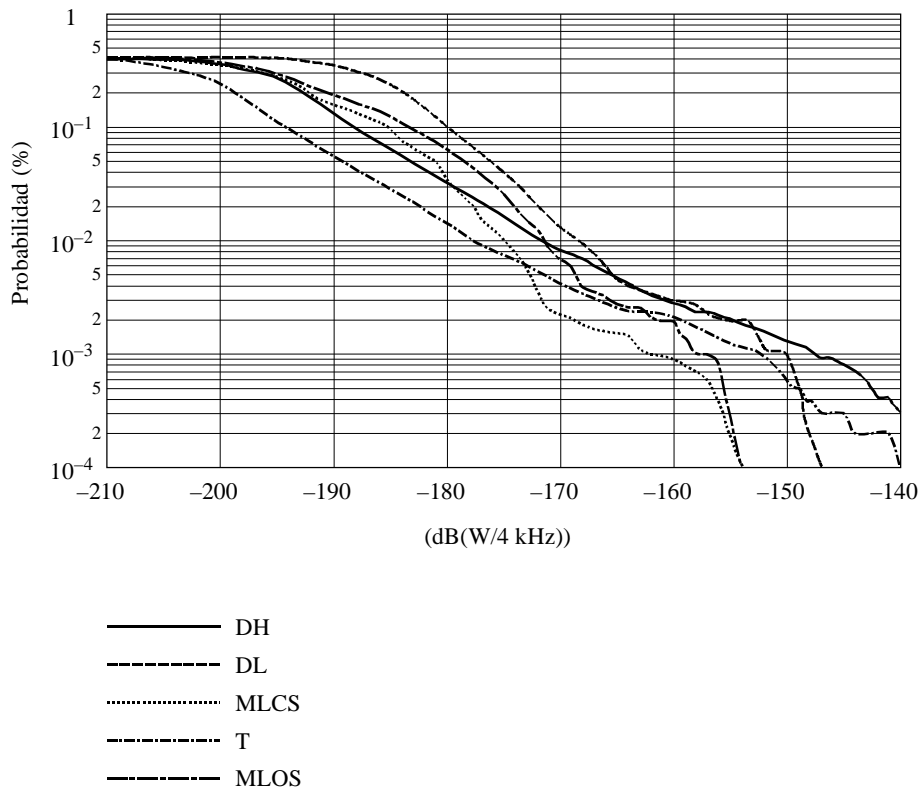
⁽¹⁾ Basándose en una densidad de p.i.r.e. de -55 dB(W/Hz) .

Se simuló interferencia a una cierta variedad de sistemas fijos. Como el único elemento del sistema receptor que puede modificar el valor de la interferencia recibida es la antena, sólo fue necesario crear un modelo de interferencia para cada tipo de antena en vez de para cada tipo de sistema. En consecuencia, se simuló la interferencia solamente en los siguientes tipos de sistemas: digital de alta capacidad (DH – digital high capacity), digital de baja capacidad (DL – digital low capacity), digital P-MP con estación central (MLCS – digital P-MP central station), digital P-MP con estación periférica (MLOS – digital P-MP out station) y troposférico analógico digital (T), representando respectivamente una antena parabólica de 33 dBi, una antena Yagi, una antena omnidireccional, una antena plana y una antena parabólica de 45 dBi.

Se calculó la interferencia para cada uno de los 60 emplazamientos (a 20° y 50° Norte y con incrementos de la longitud de 30°) y para 8 acimuts de antena del servicio fijo en cada emplazamiento. Entre los resultados obtenidos se seleccionaron para cada tipo de sistema los dos resultados de caso más desfavorable (excluyendo los emplazamientos que se encontraban lejos de tierra firme).

La Fig. 1 muestra que la antena Yagi (sistema DL) experimenta la interferencia más intensa para un valor aproximado de -184 dB(W/4 kHz) durante el 20% del tiempo. Este resultado, sin embargo, está perfectamente dentro del objetivo de calidad de funcionamiento a largo plazo (20%) para la mayoría de los sistemas de enlaces del servicio fijo; es decir, aproximadamente -170 dB(W/4 kHz). Este nivel de protección corresponde a una degradación del umbral del receptor del servicio fijo de aproximadamente 1 dB (véase la Recomendación UIT-R F.759).

FIGURA 1
Interferencia causada por un satélite LEO
a diversos sistemas del servicio fijo



1273-01

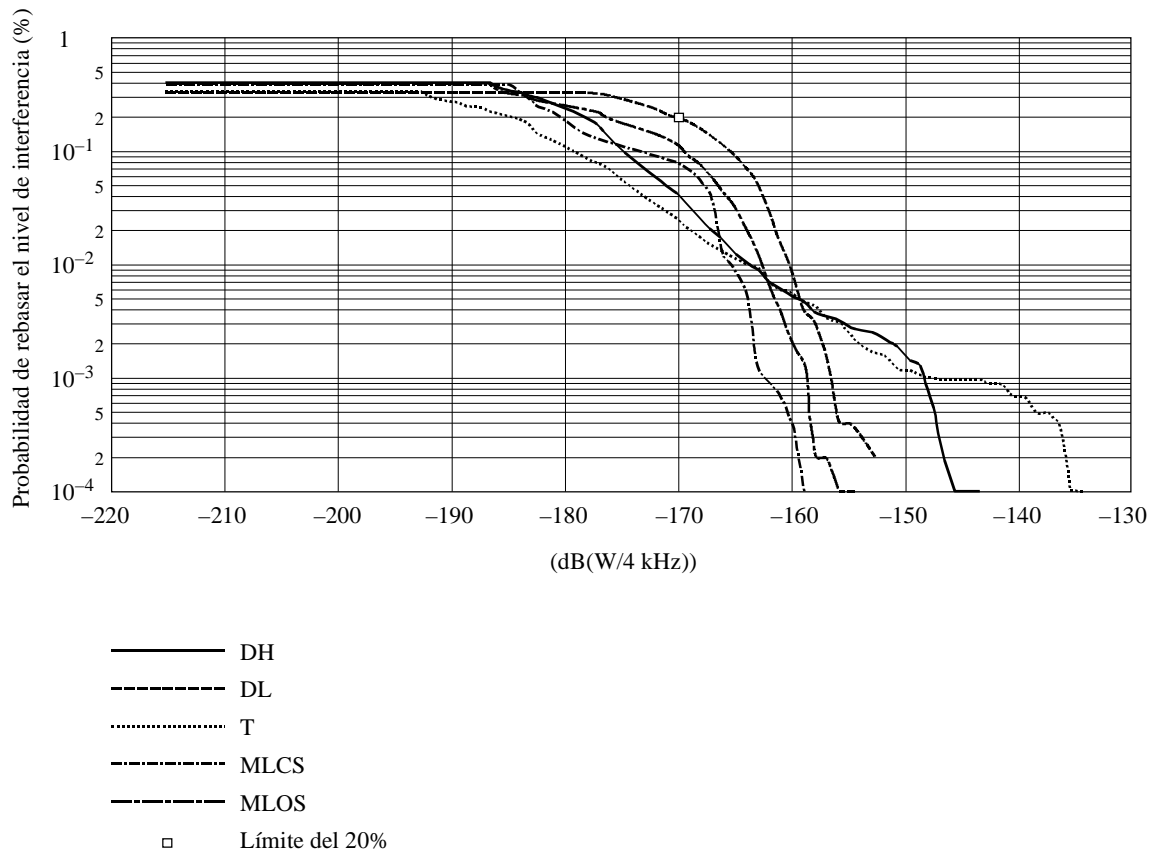
La interferencia a largo plazo en la antena parabólica de 33 dBi, la antena omnidireccional y la antena plana es similar, unos 9 dB inferior a la de la Yagi.

La estrecha anchura de haz de la antena troposférica de 45 dBi de ganancia asegura la recepción de niveles muy bajos de interferencia a largo plazo, pero la aparición de alineaciones ocasionales da lugar a niveles elevados de interferencia a corto plazo.

Estos niveles bajos de interferencia eran previsibles puesto que la antena del satélite LEO no apuntará hacia la de la Tierra durante la mayoría de su recorrido orbital.

3.2 Algunas simulaciones determinísticas (véase la Fig. 2) han demostrado también que en el caso de 24 vehículos espaciales LEO a 800 km de altitud (98° de inclinación) y a 350 km de altitud ($28,5^\circ$ de inclinación) funcionando con 12 SRD, con punterías del acimut de la antena del servicio fijo desfavorables, los criterios de protección del servicio fijo a largo plazo (20% del tiempo) se cumplen de forma marginal utilizando una máscara de dfp con niveles aproximadamente 2 a 3 dB superiores a $-154/-144$ dB(W/(m² · 4 kHz)). Los sistemas P-MP de baja potencia que utilizan antenas de ganancia relativamente baja se protegen marginalmente tanto a largo plazo como a corto plazo con estos niveles de dfp.

FIGURA 2
Interferencia en el caso más desfavorable de un satélite LEO a sistemas del servicio fijo



1273-02

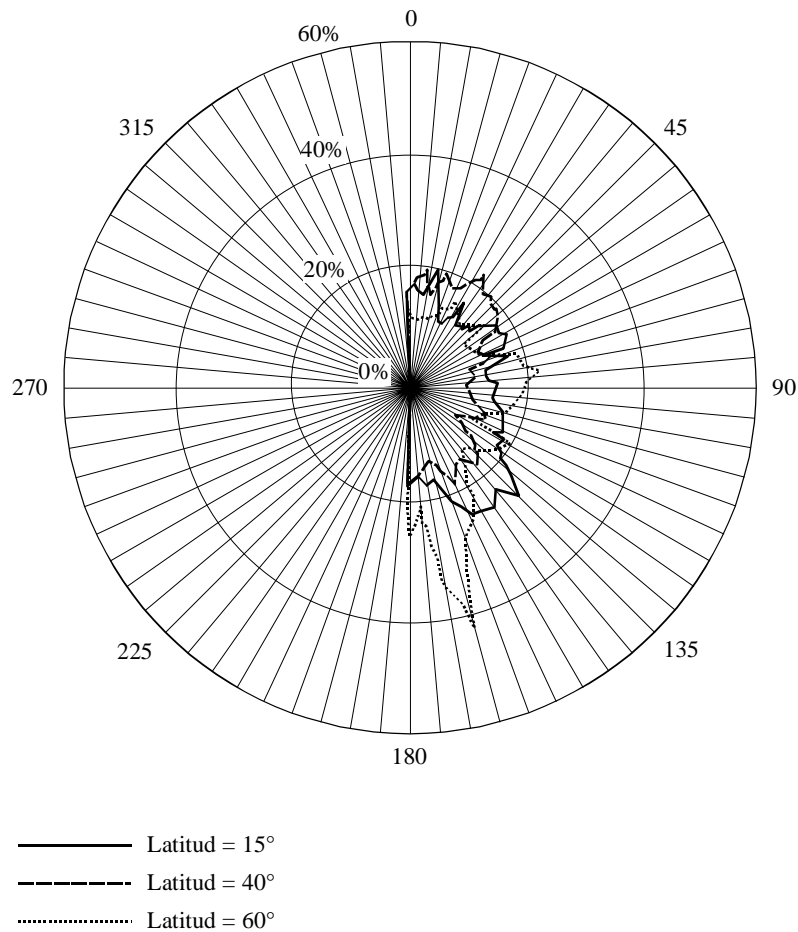
3.3 Se llevó a cabo otro análisis utilizando la metodología de la Recomendación UIT-R F.1108. Se supuso que las estaciones digitales se encontraban centradas en una determinada latitud y utilizaban antenas de alta ganancia con ángulos de elevación de 0° . El ángulo acimutal de cada antena receptora de la estación variaba entre 0° y 180° . Las características del servicio fijo se resumen de la forma siguiente:

Diagrama de antena del servicio fijo:	Recomendación UIT-R F.699
Ganancia de antena:	33 dBi
Pérdidas en el alimentador:	2 dB
Temperatura de ruido del receptor:	290 K
Factor de ruido del receptor:	4 dB.

El estudio de simulación utilizó un total de 15 satélites no OSG situados en diversas órbitas. Se evaluaron valores de d_{fp} comprendidos entre $-148 \text{ dB(W/(m}^2 \cdot 4 \text{ kHz))}$ para ángulos de elevación inferiores a 5° y $-135 \text{ dB(W/(m}^2 \cdot 4 \text{ kHz))}$ para ángulos de elevación superiores a 25° . Los resultados (véase la Fig. 3) muestran que el 7,2% de las estaciones del servicio fijo experimentaron una degradación fraccionaria de la calidad de funcionamiento (DFC) superior al 25%. Las estaciones que sufrieron la mayor degradación se encontraban situadas en la latitud de 60° la más elevada utilizada en la simulación.

FIGURA 3

DFC en función del ángulo acimutal para estaciones de radioenlaces digitales situadas a 15°, 40° y 60° de latitud



DFP = -148/-135 dB(W/(m² · 4 kHz)); el 7,2% de las estaciones rebasaron en un 25% el criterio de DFC.

$G_0 = 33$ dBi

1273-03

3.4 En otros estudios se estableció la pertinencia de las diversas máscaras de dfp para proteger el servicio fijo. En dicho servicio se utilizaron las siguientes características de los sistemas digitales punto a punto:

Diagrama de antena del servicio fijo:	Recomendación UIT-R F.699
Ganancia de antena:	33 dBi
Pérdidas en el alimentador:	2 dB
Ruido térmico del receptor:	-164 dB(W/4 kHz)
Discriminación por polarización:	3 dB.

Se aplicó una discriminación por polarización de 3 dB únicamente para el acoplamiento de haz principal a haz principal. En las estaciones del servicio fijo se supuso la utilización de diversidad espacial. En el estudio se empleó el método de simulación descrito en la Recomendación UIT-R F.1108 para determinar la DFC de los sistemas del servicio fijo. Las simulaciones tuvieron en cuenta los efectos de la refracción y absorción atmosféricas indicados en la Recomendación UIT-R P.834. Las latitudes de las dos estaciones del servicio fijo fueron de 20° N y 50° N.

Se seleccionaron dos conjuntos de parámetros de satélite; a saber, 6 satélites a 333 km de altitud y 28,5° de inclinación y 8 satélites a 800 km de altitud y 98° de inclinación. Los niveles de dfp variaron de conformidad con tres máscaras diferentes indicadas en el número S21.16, Cuadro S21-4 del RR, a saber:

Máscara A: $-154/-144 \text{ dB(W/(m}^2 \cdot 4 \text{ kHz))}$ para la banda 2 200-2 300 MHz

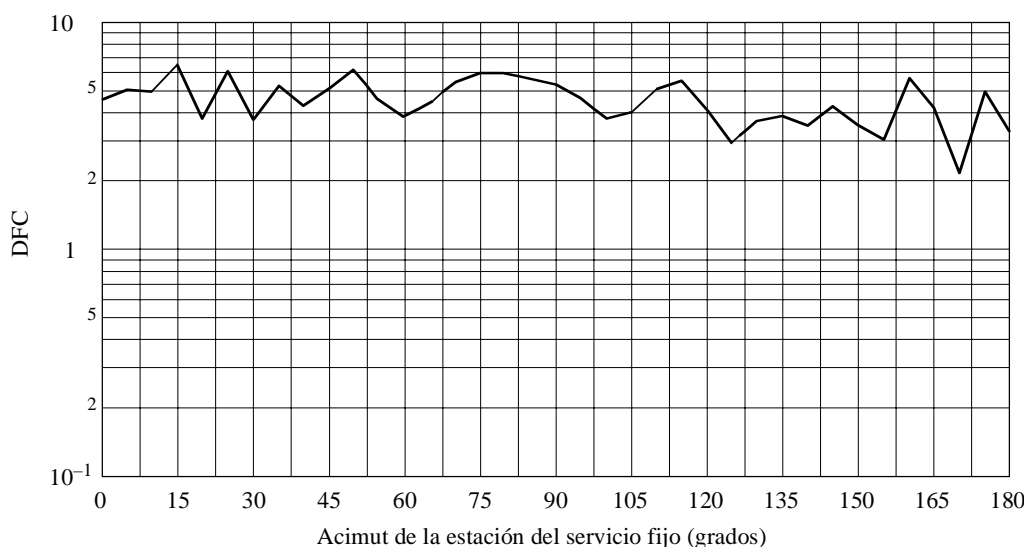
Máscara B: $-152/-137 \text{ dB(W/(m}^2 \cdot 4 \text{ kHz))}$ para la banda 2 500-2 690 MHz

Máscara C: $-152/-142 \text{ dB(W/(m}^2 \cdot 4 \text{ kHz))}$ para la banda 3 400-4 200 MHz.

Además se llevaron a cabo simulaciones para niveles de dfp ligeramente superiores, 2 dB más de los estipulados en la máscara C. En resumen, los resultados indicaron que:

- Los niveles de dfp de la máscara A pueden introducir DFC de cresta comprendidas entre el 6% y el 7,5%.
- Los niveles de dfp de la máscara C producen pequeñas variaciones con respecto a los niveles de la máscara A en estaciones del servicio fijo en latitudes bajas y satélites LEO funcionando a 98° de inclinación (véase la Fig. 4). Sin embargo, esas mismas estaciones del servicio fijo son más influenciadas por satélites con inclinaciones de 28,5°. La DFC de cresta para estas estaciones aumentó hasta aproximadamente el 12%. Para estaciones del servicio fijo situadas a 50° N, la DFC de cresta duplicó aproximadamente su valor con respecto a los niveles de la máscara A (véase la Fig. 5).
- Los niveles de dfp de la máscara B tampoco introducen excesivas modificaciones en la DFC para el caso de estaciones del servicio fijo de latitud baja y satélites LEO funcionando con 98° de inclinación, con respecto a los valores indicados en la máscara A o en la máscara C. Además, si bien la influencia sobre las mismas estaciones del servicio fijo es ligeramente superior en el caso de satélites con una inclinación de 28,5°, la DFC de cresta mantiene su valor del 12%. Para estaciones del servicio fijo situadas a una latitud de 50° N, la DFC de cresta presenta un aumento marginal hasta el 18%.
- La dfp para ángulos de llegada bajo y alto aumentó 2 dB con respecto a los niveles indicados en la máscara C. En el caso de estaciones del servicio fijo de latitudes bajas y satélites LEO con 98° de inclinación, la DFC aumentó hasta aproximadamente el 10%. Además, para satélites LEO con 28,5° de inclinación, la DFC de cresta duplicó su valor hasta aproximadamente el 25% (véase la Fig. 6). En las estaciones del servicio fijo a 50° N, la DFC de cresta alcanzó un valor del 32% (véase la Fig. 7).

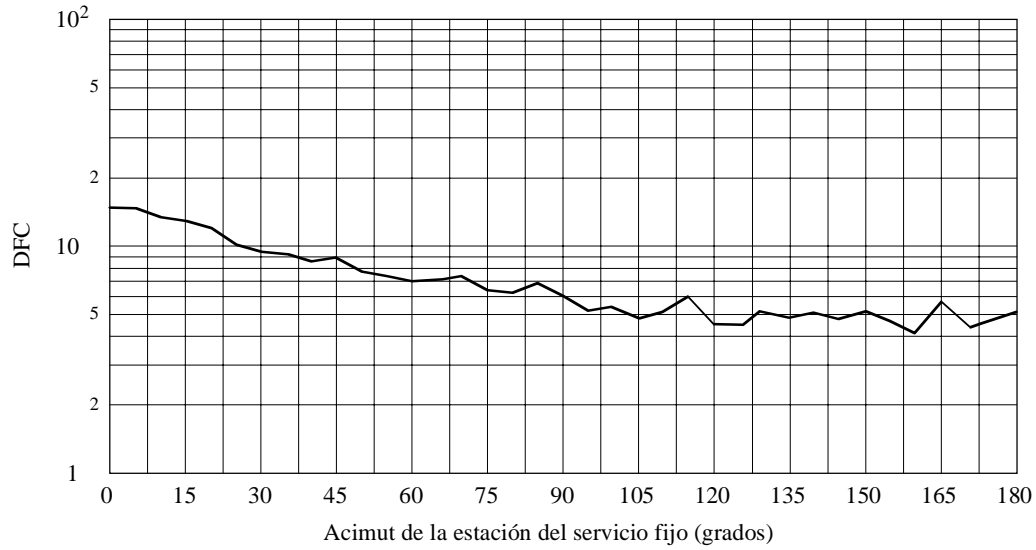
FIGURA 4
**DFC en función del ángulo acimutal para una estación de radioenlace digital
 situada a 20° N; elevación de antena: 0,5°, causada por 8 satélites
 a 800 km de altitud e inclinación orbital de 98°**



dfp para ángulo bajo/alto = $-152/-142 \text{ dB(W/(m}^2 \cdot 4 \text{ kHz))}$ con ángulos de llegada de 5°/25°

FIGURA 5

**DFC en función del ángulo acimutal para una estación de radioenlace digital
situada a 50° N; elevación de antena: 0,5°, causada por 8 satélites
a 800 km de altitud e inclinación orbital de 98°**

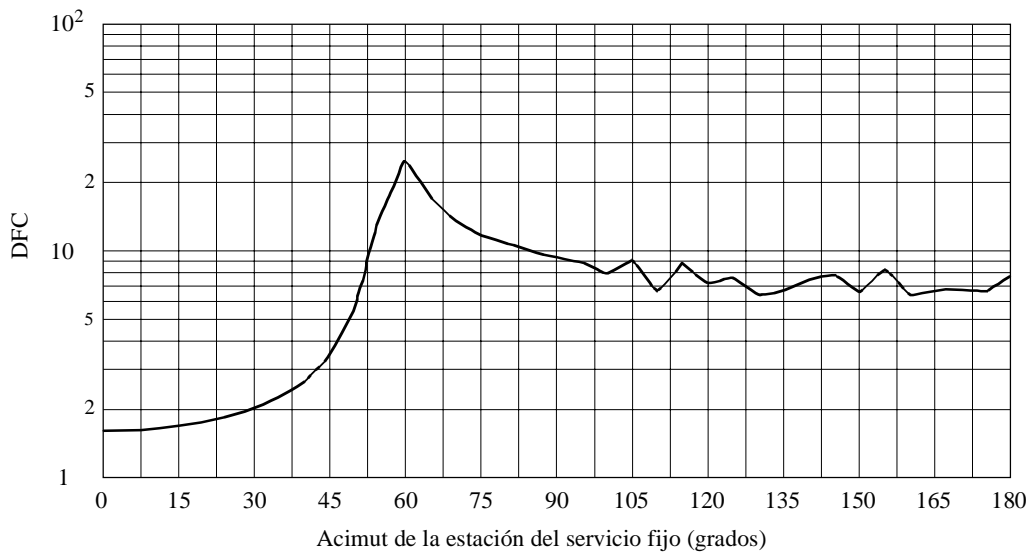


dfp para ángulo bajo/alto = $-152/-142$ dB(W/(m² · 4 kHz)) con ángulos de llegada de 5°/25°

1273-05

FIGURA 6

**DFC en función del ángulo acimutal para una estación de radioenlace digital
situada a 20° N; elevación de antena: 0,5°, causada por 6 satélites
a 333 km de altitud e inclinación orbital de 28,5°**

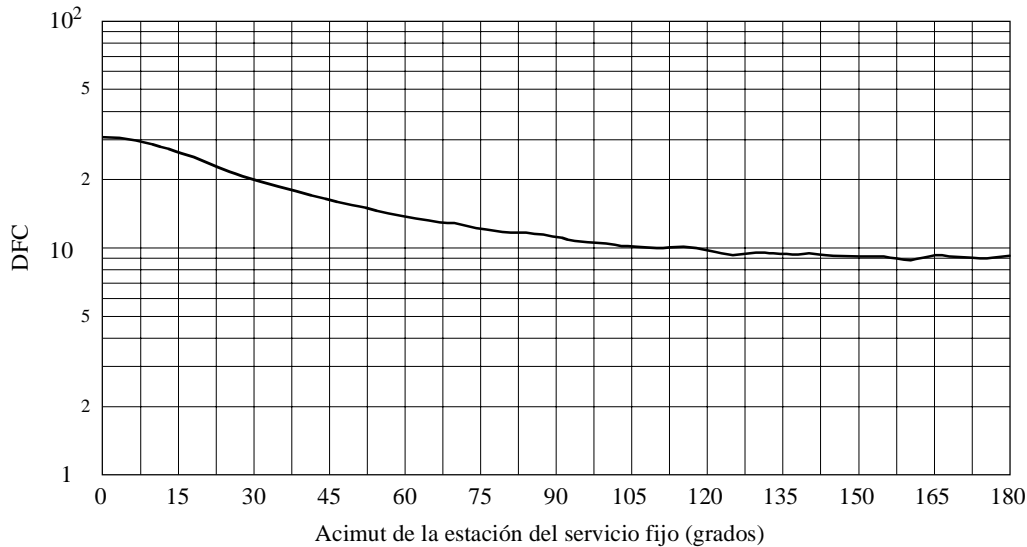


dfp para ángulo bajo/alto = $-150/-140$ dB(W/(m² · 4 kHz)) con ángulos de llegada de 5°/25°

1273-06

FIGURA 7

DFC en función del ángulo acimutal para una estación de radioenlace digital situada a 50° N; elevación de antena: 0,5°, causada por 6 satélites a 333 km de altitud e inclinación orbital de 28,5°



dfp para ángulo bajo/alto = $-150/-140$ dB(W/(m² · 4 kHz)) con ángulos de llegada de 5°/25°

1273-07

3.5 Conclusiones relativas a la banda 2 200-2 290 MHz

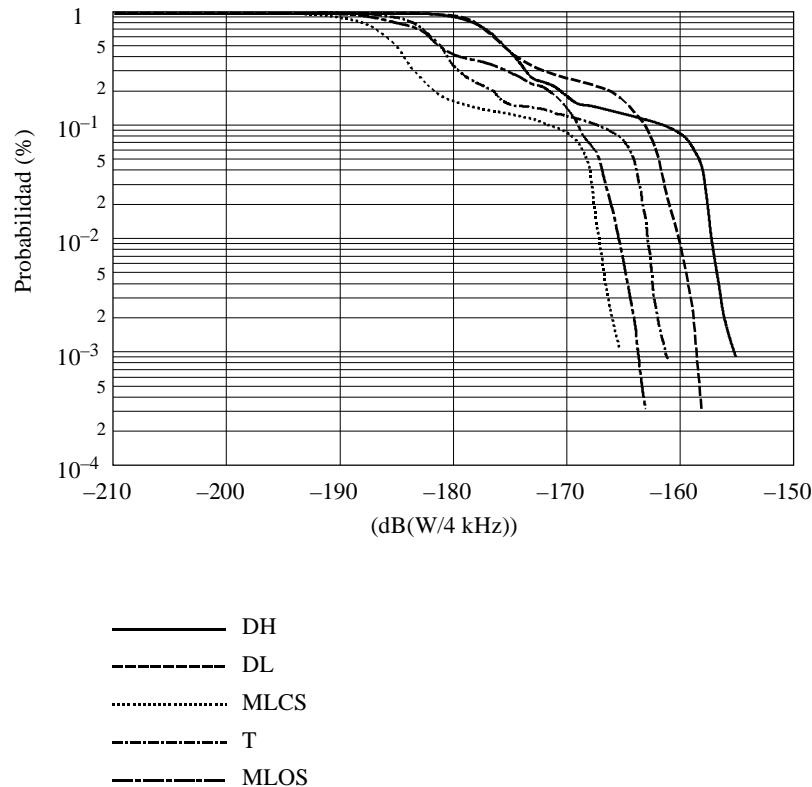
Los estudios de compartición de banda entre estaciones espaciales LEO y estaciones del servicio fijo en la banda 2 200-2 290 MHz han demostrado que unos niveles de dfp notablemente superiores a los indicados en la máscara A producirán unas condiciones de calidad de funcionamiento inaceptables para el servicio fijo. Por ejemplo, para aumentos de la dfp de 4 dB o superiores al valor señalado en la máscara A, las degradaciones de la calidad de funcionamiento del servicio fijo se aproximan al 25% para una gran parte de los acimutes del servicio fijo disponibles. Sin embargo, para aumentos de la dfp más pequeños, de hasta unos 3 dB, dichas degradaciones deben ser aceptables. Aunque se rebasan de forma marginal los objetivos de compartición de bandas del servicio fijo, estos niveles pueden ser aceptables en la práctica ya que es posible aplicar un cierto número de elementos de mejora tales como anchuras de banda de canal relativas, técnicas de ocupación de canal y factores de actividad de la transmisión por satélite. Además, como la mayoría de las nuevas estaciones del servicio fijo serán digitales, podrá ser aceptable una anchura de banda de referencia de 1 MHz para proteger el servicio fijo. Un nivel de dfp (relativo a 1 MHz) comprendido entre -127 dB(W/(m² · MHz)) para ángulos de elevación inferiores a 5° y -117 dB(W/(m² · MHz)) para ángulos de elevación superiores a 25°, debe proporcionar la protección necesaria al servicio fijo permitiendo a la vez la necesaria flexibilidad de explotación para los satélites LEO y previstos.

4 Niveles de dfp aplicables a las emisiones de los SRD OSG en la banda 2 025-2 110 MHz

4.1 En el mismo análisis al que hace referencia el § 3.1 se simuló también la interferencia procedente de una constelación de SRD. Se tuvieron en cuenta tres factores de reducción de la interferencia; a saber, canalización del servicio fijo, posición de las estaciones del servicio fijo con respecto a los SRD (véase la Nota 1) y mejora de la calidad de funcionamiento de la antena del servicio fijo. La Fig. 8 muestra los resultados de esta simulación representando una gráfica de la interferencia esperada.

NOTA 1 – La orientación de las estaciones del servicio fijo se efectuó de forma aleatoria. Una inspección de sus direcciones de puntería demostró que ninguna de las estaciones estaban dirigidas a ningún emplazamiento orbital de los SRD OSG dentro de 1,5°.

FIGURA 8
Interferencia causada por los SRD
a varios sistemas del servicio fijo



1273-08

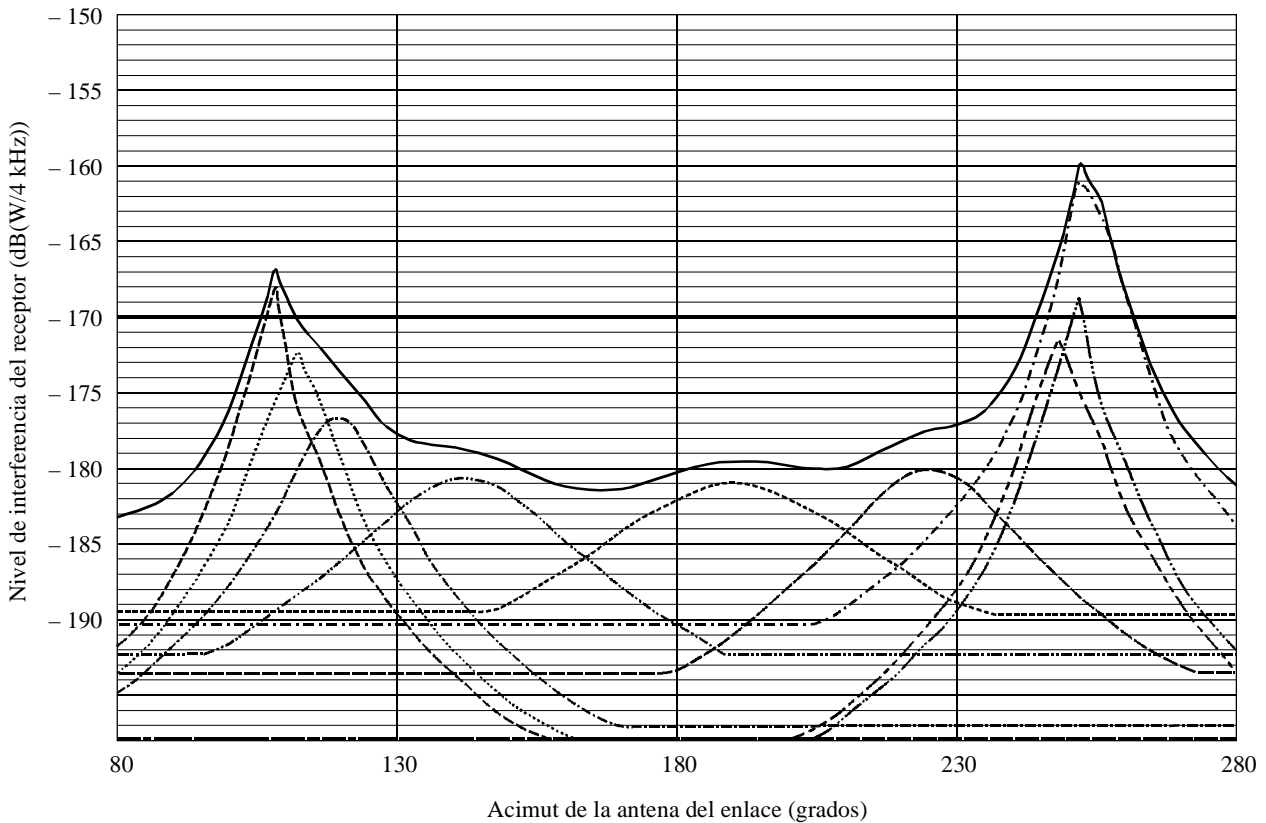
Puede observarse que los niveles se encuentran ligeramente por debajo o cerca del nivel de -170 dB(W/4 kHz) durante el 20% del tiempo en todos los casos, salvo en el de la antena Yagi (DL) donde se rebasa el límite en unos 5 dB. Los niveles de interferencia a largo plazo en la antena troposférica también son bajos, unos 7 dB por debajo del límite, mientras que la baja ganancia y el nulo de puntería en dirección del zenit de la antena omnidireccional aseguran unos niveles de interferencia aún inferiores.

4.2 También se llevó a cabo un estudio para determinar la interferencia combinada causada por todos los SRD visibles a un receptor del servicio fijo situado a una latitud de 60° N. Se supuso que las estaciones espaciales SRD transmitían con la máscara A. Las posiciones orbitales del SRD fueron tomadas de la Recomendación UIT-R SA.1275. Los parámetros del servicio fijo fueron los de la Recomendación UIT-R M.1143. Se utilizó el diagrama de radiación en la antena del servicio fijo de la Nota 6 de la Recomendación UIT-R F.699. Se empleó una antena típica de 1,8 m de diámetro en vez de la antena de 33 dBi.

Como los sistemas SRD utilizan polarización circular, en el cálculo de la interferencia de haz principal se utilizó una discriminación por polarización de 3 dB. Se consideraron unas pérdidas en el alimentador de 2 dB para la estación del servicio fijo. La antena de la estación del servicio fijo se situó a una longitud de 25° E y una latitud de 60° N y se la hizo girar en incrementos de 5° entre las direcciones acimutales de 80° y 280° .

Los resultados demostraron la necesidad de que el servicio fijo evite el 81% de las direcciones de acimut disponibles para asegurar que no se rebasa un nivel de interferencia de -170 dB(W/4 kHz). Sin embargo, en la simulación se supuso que todas las estaciones espaciales SRD visibles transmitían de forma continua y es preciso reconocer que esta situación no se producirá en la mayoría de las aplicaciones de SRD con respecto a una estación del servicio fijo determinada; teniendo eso en cuenta, un análisis más detenido demostró que si una estación espacial se encontraba activa durante un periodo de tiempo significativo y el resto de estaciones espaciales SRD funcionaban durante periodos de tiempo mucho más breves, sólo sería necesario evitar aproximadamente el 19% de las direcciones de acimut disponibles. Además, en los casos en que se conoce el emplazamiento orbital del SRD, la necesidad de evitar acimutes de caso más desfavorable disminuiría al 13%. Esta situación se representa en la Fig. 9.

FIGURA 9



Longitud del satélite	
—————	Suma
-----	95°
.....	90°
- - - - -	82°
.....	59°

DFP = -154/-144 dB(W/(m² · 4 kHz))

Antena (véase la Nota 6 de la Recomendación UIT-R F.699):

- diámetro: 1,8 m
- ganancia: 29,3 dBi

Estación de servicio fijo:

- longitud: 25° E
- latitud: 60° N

Actividad del satélite:

- Sat1 a Sat8: 10%
- Sat9: 58%

1273-09

4.3 En otro estudio se evaluó la pertinencia de los límites de dfp indicados en las máscaras A, B y C para proteger el servicio fijo. Como emplazamientos orbitales del SRD se tomaron los de la Recomendación UIT-R SA.1275. La simulación de red utilizada para determinar la interferencia procedente de las estaciones espaciales de SRD utilizó la mayoría de las hipótesis del método de Montecarlo descrito en la Recomendación UIT-R F.1107. En este estudio la única diferencia significativa con respecto a la citada Recomendación fue la distribución no uniforme/no simétrica de los SRD. Se supuso una latitud de 52,5° N y una longitud de referencia de 97° W.

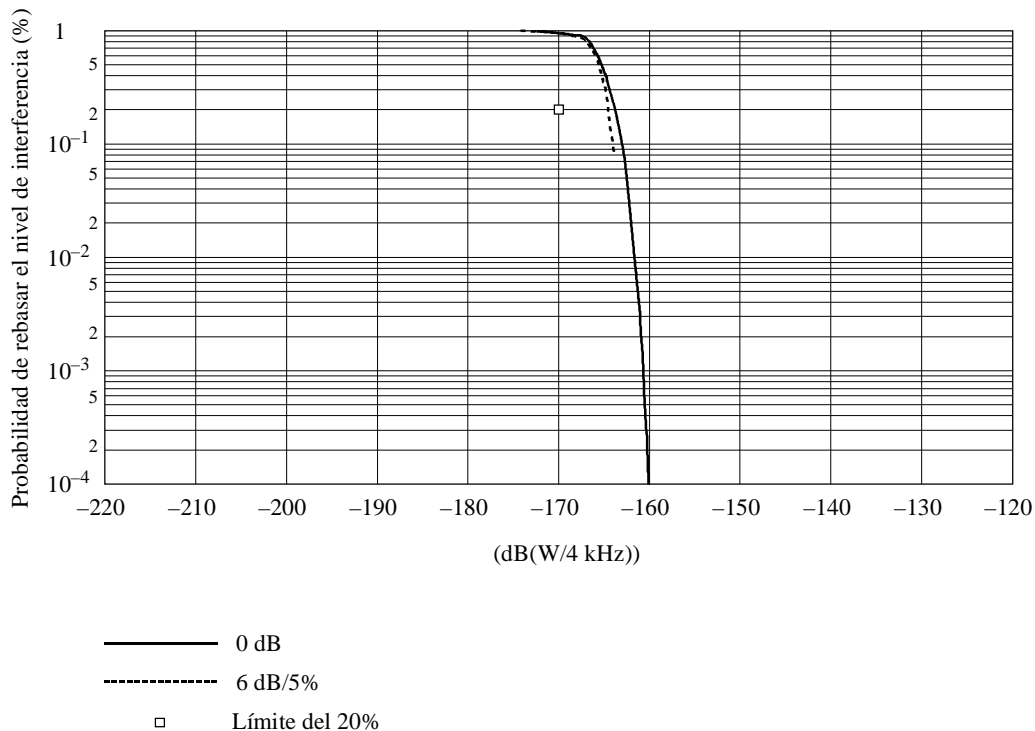
Los resultados demostraron que aproximadamente el 10% de los tramos del servicio fijo experimentarían una degradación de 1 dB en el umbral del receptor causada por estaciones SRD que funcionan con la dfp señalada en la máscara A. Estas estaciones del servicio fijo no empleaban diversidad espacial; por consiguiente, el umbral del receptor resultaría afectado en 1,7 dB si se utilizase dicha diversidad. Para los casos de las máscaras de dfp indicadas en las máscaras C y B aproximadamente el 20% y el 55% de los tramos del servicio fijo, respectivamente, experimentarían una degradación de 1 dB en el umbral del receptor (sin diversidad espacial). Para el caso de la máscara B, aproximadamente el 10% de los enlaces del servicio fijo sufrirían una degradación de 3 dB en el umbral del receptor.

4.4 Se realizó un análisis similar al indicado en el § 4.3 suponiendo unos 1 245 radioenlaces digitales situados en las proximidades de las principales aglomeraciones urbanas del mundo. Los Estados Unidos de América fueron excluidos del análisis puesto que actualmente sólo están permitidas en esta banda estaciones del servicio fijo transportables. Las características del servicio fijo fueron las mismas que las indicadas en el § 3.3. Los emplazamientos orbitales de los SRD se indican en la Recomendación UIT-R SA.1275. En este estudio se utilizó una máscara de dfp 4 dB superior a la indicada en la máscara A. Los resultados indicaron que aproximadamente el 10% y el 90% de los enlaces del servicio fijo experimentarían unas degradaciones en los umbrales del receptor de 3 dB y 1 dB, respectivamente.

4.5 Un estudio llevado a cabo empleando simulaciones determinísticas similares a las descritas en el § 3.1 y una máscara de dfp como la indicada en la máscara A demostró (véase la Fig. 10) que el nivel de protección contra la interferencia a largo plazo (-170 dB(W/4 kHz)) se rebasaba entre 4 y 14 dB para el caso más desfavorable de punterías de acimut aleatorias. En el caso de un enlace fijo digital de alta capacidad a una latitud de 20° N, el nivel de protección fue rebasado de 0 a 14 dB dependiendo de la longitud de la estación del servicio fijo. Sin embargo, cabe señalar que el establecimiento de modelos de SRD por una máscara de dfp es una hipótesis pesimista puesto que ignora la naturaleza exploratoria de los haces estrechos del satélite ($\sim 3^\circ$) y, en consecuencia, la discriminación que proporcionan. También hay que indicar que la constelación de 12 SRD con un total de 24 haces activos siempre que sea visible un vehículo espacial LEO asociado es una hipótesis de caso más desfavorable. No obstante, parece que algunos sistemas del servicio fijo existentes en emplazamientos desfavorables pueden sufrir degradaciones periódicas de la calidad de funcionamiento y/o de la disponibilidad durante periodos de alta actividad de la red espacial.

Se ha observado que un aumento de la dfp procedente de cada SRD de 6 dB para un 5% de las muestras de simulación escogidas aleatoriamente, en el caso de un enlace fijo digital de alta capacidad (antena de 33 dBi), provoca sólo un pequeño incremento (~ 1 dB) de la interferencia a largo plazo (el 20% del tiempo) en comparación con la que se obtendría utilizando la máscara de dfp de la máscara A, pero para pequeños porcentajes de tiempo el aumento tiende a ser de 6 dB. Como el problema de compartición más importante del servicio fijo con la constelación de SRD parece ser el de la interferencia a largo plazo, el margen propuesto para el control de potencia tendrá poca repercusión adicional sobre el servicio fijo y, por consiguiente, es aceptable.

FIGURA 10
Efecto de la potencia del SRD a corto plazo



4.6 Conclusiones relativas a la banda 2 025-2 110 MHz

Los estudios de compartición de la banda entre SRD y estaciones del servicio fijo en la banda 2 025-2 110 MHz han demostrado que los niveles de dfp indicados en la máscara A serán satisfactorios para proteger al servicio fijo en la mayoría de los casos. Un aumento de 6 dB de la dfp procedente de cada SRD durante un 5% del tiempo escogido aleatoriamente introduce un pequeño incremento de la interferencia a largo plazo con respecto a la que cabe esperar utilizando la dfp de la máscara A. Como la condición fundamental de compartición del servicio fijo con la constelación de SRD parece ser el de la resolución del problema de interferencia a largo plazo, el margen adicional de 6 dB para el control de potencia tendrá una repercusión adicional muy reducida sobre el servicio fijo, y por consiguiente, es aceptable desde el punto de vista de compartición de la banda. Un nivel de dfp (relativo a 1 MHz) entre $-130 \text{ dB(W/(m}^2 \cdot \text{MHz))}$ para ángulos de elevación inferiores a 5° y $-120 \text{ dB(W/(m}^2 \cdot \text{MHz))}$ para ángulos de elevación superiores a 25° , con extrapolación lineal de los valores de dfp entre los ángulos de 5° y 25° , debe proporcionar el grado de protección necesario al servicio fijo permitiendo a la vez la flexibilidad operativa adecuada para los SRD.
