

RECOMENDACIÓN UIT-R S.1806

Objetivos de disponibilidad para trayectos digitales ficticios de referencia en el servicio fijo por satélite que funcionan por debajo de 15 GHz

(Cuestión UIT-R 73/4)

(2008)

Cometido

Esta Recomendación aborda los objetivos de disponibilidad para los trayectos digitales ficticios de referencia (TDFR) del servicio fijo por satélite que funcionan por debajo de 15 GHz. Se basa en los objetivos de disponibilidad especificados en las Recomendaciones UIT-T pertinentes y complementa los objetivos de disponibilidad y calidad de funcionamiento contenidos en las Recomendaciones UIT-R correspondientes, indicadas en el punto Referencias.

Referencias

- Recomendación UIT-T G.827: Parámetros y objetivos de disponibilidad para trayectos digitales internacionales de extremo a extremo de velocidad binaria constante.
- Recomendación UIT-R S.579: Objetivos de disponibilidad para circuitos ficticios de referencia y trayectos digitales ficticios de referencia para telefonía con modulación por impulsos codificados, o como parte de una conexión ficticia de referencia de una red digital de servicios integrados, en el servicio fijo por satélite que funciona por debajo de 15 GHz.
- Recomendación UIT-R S.614: Objetivos de características de error para un trayecto digital ficticio de referencia de satélite del servicio fijo por satélite que funciona por debajo de 15 GHz, cuando forma parte de una conexión internacional en una red digital de servicios integrados.
- Recomendación UIT-R S.1062: Característica de error admisible para el trayecto digital ficticio de referencia por satélite por debajo de 15 GHz.
- Recomendación UIT-R S.1424: Objetivos de disponibilidad para el trayecto digital ficticio de referencia utilizado para la transmisión del modo de transferencia asíncrono de la RDSI-BA en el servicio fijo por satélite por los sistemas de satélite de órbita geoestacionaria que utilizan frecuencias inferiores a 15 GHz.

La Asamblea de Radiocomunicaciones de la UIT,

considerando

- a) que los trayectos digitales ficticios de referencia (TDFR), definidos en la Recomendación UIT-R S.521, en el servicio fijo por satélite (SFS) están destinados a servir de orientación a los diseñadores y planificadores;
- b) que la disponibilidad de un TDFR viene determinada por los efectos combinados de la disponibilidad de equipos y de la propagación;

c) que la disponibilidad de equipos (incluida la estación espacial) depende de la fiabilidad del comportamiento, de la facilidad del mantenimiento y de la calidad del soporte para el mantenimiento;

d) que la indisponibilidad debida a las degradaciones de la propagación depende del rebasamiento del umbral del nivel de atenuación, de la frecuencia de estos rebasamientos y de la duración de los mismos;

e) que los sistemas de satélites son capaces de ofrecer una característica de disponibilidad similar a la de los trayectos terrenales obtenida bajo los acuerdos sobre nivel de servicio (SLA) o los acuerdos sobre calidad de servicio (SQA) para los enlaces individuales (véase la Recomendación UIT-T E.801);

f) que la disponibilidad de un enlace de satélite geoestacionario es esencialmente independiente de la distancia entre los puntos de origen y terminación del enlace,

recomienda

1 que la disponibilidad de un TDFR en el SFS se defina mediante la siguiente fórmula:

$$\text{Disponibilidad} = (100 - \text{Indisponibilidad}) \quad \%$$

siendo:

$$\text{Indisponibilidad} = \frac{\text{Tiempo indisponible}}{\text{Tiempo requerido}} \times 100 \quad \%$$

donde el tiempo requerido se define como el periodo de tiempo durante el cual el usuario necesita que el trayecto digital esté en condiciones de llevar a cabo la función requerida y el tiempo indisponible es el tiempo acumulativo de las interrupciones del trayecto digital en el tiempo requerido (véase también el *recomienda 5* para una discusión sobre el tiempo indisponible);

2 que la intensidad de interrupción se defina como el número de interrupciones (es decir un periodo de tiempo indisponible como el que define el *recomienda 5*) por periodo medido, donde el periodo de medición típico es un año (8 766 h) (véase también la Nota 5);

3 que un TDFR satisfaga los objetivos de disponibilidad dependiente de la propagación indicados en el Cuadro 1:

CUADRO 1

**Objetivos de disponibilidad dependiente de la propagación
para un enlace digital por satélite del SFS**

Velocidad (Mbit/s)	Hasta la velocidad primaria 1,544 a 2,048		Por encima de la velocidad primaria	
	Disponibilidad	Intensidad de interrupción (interrupciones/año)	Disponibilidad	Intensidad de interrupción (interrupciones/año)
Valor medio para el TDFR	99,9%	20	99,96%	20

4 que la indisponibilidad adicional de un TDFR en el SFS debida a los equipos no sea mayor del 0,11% en un año;

5 que un enlace del SFS definido entre los extremos del TDFR de la Recomendación UIT-R S.521 se considere indisponible si se producen una o más de las condiciones indicadas en los § 5.1 a § 5.3 en cualquiera de los extremos receptores del enlace durante 10 segundos consecutivos o más (véase la Nota 3):

5.1 se interrumpe la señal digital (es decir, se pierde el alineamiento o la temporización);

5.2 para una transmisión por debajo de la velocidad primaria (1,544 Mbit/s o 2,048 Mbit/s), la proporción de bits erróneos (BER) promediada a lo largo de un segundo rebasa el valor de 10^{-3} ;

5.3 para una transmisión a la velocidad binaria o por encima de la misma (1,544 Mbit/s o 2,048 Mbit/s), cada segundo se considera que es un evento de segundos con muchos errores (SES), donde un SES se define, en coherencia con la Recomendación UIT-T G.826, como un segundo que contiene un 30% o más de bloques erróneos o al menos un periodo fuertemente perturbado;

6 que las siguientes Notas se consideren parte de la presente Recomendación:

NOTA 1 – Un periodo de tiempo indisponible comienza cuando una de las condiciones del § 5.1 al § 5.3 persiste durante un periodo de 10 o más segundos consecutivos. Estos 10 s se consideran tiempo indisponible. El periodo de tiempo indisponible finaliza cuando la misma condición cesa durante un periodo de al menos 10 segundos consecutivos. Estos 10 s se consideran tiempo disponible. Los periodos de comportamiento degradado que duran menos de 10 segundos consecutivos, durante los cuales aparecen las condiciones indicadas en los *recomienda* 5.1 a 5.3, se consideran tiempo disponible.

NOTA 2 – Todas las interrupciones debidas a eclipses solares e interferencias del sol se incluyen como parte del tiempo indisponible en el *recomienda* 3 cuando se producen durante el tiempo requerido. La influencia de la interferencia solar durante el tiempo requerido puede minimizarse tomando medidas operacionales ya que estos eventos pueden predecirse con precisión (véase la Recomendación UIT-R S.1525).

NOTA 3 – Los cálculos de la disponibilidad deben tener en cuenta explícitamente el tiempo medio entre fallos, el tiempo medio para la reanudación del servicio y las precauciones que deben tomarse para reducir las consecuencias de las interrupciones y degradaciones en el funcionamiento del satélite, incluida la utilización de canales de reserva y sistemas de apoyo.

NOTA 4 – Un porcentaje de indisponibilidad, debida a la propagación, en cualquier mes se supone que corresponde a un periodo de cualquier año mediante un factor de conversión de 5; es decir, el 0,2% de cualquier mes correspondería al 0,04% de cualquier año (para entender el concepto de «cualquier año», véase la Nota 11 de la Recomendación UIT-R S.353). Este factor de conversión se discute en el Anexo 1 a la Recomendación UIT-R S.614.

NOTA 5 – Los objetivos de intensidad de la interrupción del Cuadro 1 se basan en un valor del «tiempo medio de restauración» (es decir, la duración media de los intervalos de tiempo en que el servicio está indisponible) de 4 h. Las degradaciones de propagación, que dan lugar a eventos de indisponibilidad que se autocorrijen, normalmente son mucho más breves. En este caso, no deben tenerse en cuenta.

NOTA 6 – En el Anexo 1 aparece información adicional sobre los objetivos de intensidad de la interrupción para los trayectos digitales por satélite.

Anexo 1

Aplicabilidad de la tasa de disponibilidad y los parámetros de intensidad de interrupción de la Recomendación UIT-T G.827 a los enlaces de satélite

1 Introducción

Este Anexo examina los objetivos de disponibilidad que aparecen en la Recomendación UIT-T G.827 teniendo en cuenta las predicciones sobre la duración del desvanecimiento y la frecuencia de aparición del desvanecimiento que se obtuvieron utilizando los métodos descritos en la Recomendación UIT-R P.1623, y considera su aplicabilidad a los objetivos de disponibilidad para las conexiones digitales por satélite. Específicamente, se consideran los objetivos de intensidad de la interrupción de la Recomendación UIT-T G.827 en relación con las estimaciones de profundidad del desvanecimiento y número de fenómenos de desvanecimiento previstos para un enlace por satélite.

2 Antecedentes

La Recomendación UIT-R S.579 tiene una larga historia y es aplicable a muchos enlaces históricos del SFS. Sirve como referencia general sobre la disponibilidad de los enlaces por satélite y contiene información sobre los efectos de la propagación en dichos enlaces. Las nuevas conexiones por satélite que soportan tráfico de protocolo Internet y las redes de próxima generación requieren parámetros adicionales a fin de especificar la disponibilidad. Este anexo ofrece información sobre la manera de adaptar los parámetros de disponibilidad contenidos en las Recomendaciones UIT-T a las partes de satélite del TDFR.

3 Recomendación UIT-T G.827

La Recomendación UIT-T G.827 indica los parámetros utilizados en la especificación de la disponibilidad.

Un parámetro es la tasa de disponibilidad (AR) que se define de la misma forma que la disponibilidad en la Recomendación UIT-R S.579. AR se define como:

$$AR = \text{Tiempo disponible} / \text{Tiempo total}$$

Para estos cálculos, el tiempo total generalmente se considera que es un año (365,25 días, 8 766 h). Este parámetro se ha utilizado como la base en la Recomendación UIT-R S.579.

Un segundo parámetro contenido en la Recomendación UIT-T G.827 es la intensidad de interrupciones (OI) y su recíproca, el tiempo medio entre interrupciones (Mo). De acuerdo con la citada Recomendación:

«El tiempo medio entre interrupciones (Mo) es la duración promedio de intervalos en los que el elemento de trayecto (PE) está disponible durante un periodo de medición. El número de interrupciones en un periodo de medición se denomina «intensidad de interrupciones» (OI). Si el periodo de medición es un año y Mo se expresa como una fracción de un año, OI es la inversa de Mo.»

El Cuadro 2/G.827 indica los objetivos de disponibilidad de extremo a extremo para un trayecto internacional ficticio de referencia de 27 500 km que funciona a velocidad primaria o velocidades superiores.

«CUADRO 2/G.827

**Objetivos de disponibilidad de extremo a extremo para un TDFR
internacional de 27 500 km que funciona a velocidad
primaria o a velocidades superiores**

Nivel de calidad de funcionamiento	Tasa de disponibilidad (AR)	Intensidad de interrupciones (OI)
Prioridad alta	98%	70
Prioridad estándar	91%	250

»

Utilizando una asignación de margen total del 35% de los objetivos de extremo a extremo, como se indica en la Recomendación UIT-T G.826, para el tramo de satélite de un trayecto ficticio de referencia de 27 500 km, se obtuvieron la tasa de disponibilidad del tramo de satélite correspondiente y los objetivos de intensidad de interrupción que figuran en el Cuadro 2.

CUADRO 2

**Objetivos de disponibilidad G.827 en el tramo de satélite
a velocidad primaria o a velocidades superiores**

Nivel de calidad de funcionamiento	Tasa de disponibilidad (AR)	Intensidad de interrupciones (OI) (interrupciones al año)
Prioridad alta	99,3%	25
Prioridad normalizada	96,8%	88

»

4 Disponibilidades del segmento del enlace

En la Recomendación UIT-R S.1424 se da como valor ejemplo de disponibilidad de segmento espacial el 99,99% y se indica una disponibilidad de la estación terrena, para estaciones terrenas atendidas por personal con una G/T de 31,7 dB/K a 11/12 GHz, del 99,95% para cada estación terrena. Ello dio lugar a una disponibilidad combinada del segmento terreno del 99,90%. La disponibilidad adjudicada a los equipos del segmento terreno y el segmento espacial combinados es del 99,89%.

Utilizando la característica de disponibilidad de la Recomendación UIT-T G.827 del 99,3%, para trayectos de alta prioridad, como un objetivo, una disponibilidad del equipo del 99,89% implica que la disponibilidad de propagación debe ser del 99,4% o superior. Esta información se resume en el Cuadro 3.

CUADRO 3

Característica de disponibilidad de la porción de satélite requerida para satisfacer los objetivos G.827 en enlaces con un nivel de calidad de funcionamiento de prioridad alta a velocidad primaria o a velocidades superiores

Objetivos de tasa de disponibilidad G.827 en la porción de satélite (prioridad alta)	99,3%
Disponibilidad de los equipos del segmento espacial	99,99%
Disponibilidad de los equipos del segmento terreno (cada estación terrena)	99,95%
Disponibilidad de propagación implícita	99,41%

Cabe señalar que los valores de la tasa de disponibilidad recomendados en el Cuadro 3 son más estrictos que los obtenidos a partir de la Recomendación UIT-T G.827 porque un TDFR debe satisfacer también los objetivos de disponibilidad de las Recomendaciones UIT-T G.821 y G.826 (véanse también las Recomendaciones UIT-R S.579, UIT-R S.614 y UIT-R S.1062).

En ausencia de datos más precisos relativos a la intensidad de interrupciones de los satélites y estaciones terrenas, se han atribuido cinco interrupciones al año a los segmentos espacial y terreno basándose en la experiencia técnica. Una recopilación fiable de datos permitirá establecer un valor más preciso y puede ser tema para nuevos estudios en el UIT-R.

5 Intensidad de interrupciones y atenuación

Basándose en la aplicación de la Recomendación UIT-R P.1623, se presenta información sobre la obtención de los valores de intensidad de interrupciones previstos para enlaces por satélite con una disponibilidad de propagación del 99,4%.

Para enlaces en la banda 6/4 GHz, raramente se producen interrupciones de propagación superiores a 1 dB aproximadamente, por lo tanto la única causa significativa de interrupción sería la debida a los equipos. Las modernas estaciones terrenas se mantienen a unos niveles en los que no debe ser ningún problema satisfacer los objetivos de intensidad de interrupciones señalados en la Recomendación UIT-T G.827.

Para los enlaces por satélite que funcionan por encima de 10 GHz, las interrupciones debidas a la propagación pueden ser significativas y se tienen en cuenta en el diseño de estos enlaces. Describiendo brevemente el procedimiento aquí aplicado puede decirse que el 99,4% de la disponibilidad de propagación corresponde a una cierta profundidad de desvanecimiento que puede determinarse mediante la aplicación de la Recomendación UIT-R P.618. Utilizando este valor de profundidad del desvanecimiento, pueden utilizarse los métodos que figuran en la Recomendación UIT-R P.1623 para determinar la probabilidad de que se produzcan desvanecimientos de esa profundidad y el número de desvanecimientos por año de dicha profundidad.

El Cuadro 5 muestra las profundidades de desvanecimiento que corresponden al 99,4% de disponibilidad de propagación, calculadas mediante los métodos de la Recomendación UIT-R P.618, para tres emplazamientos ejemplo cuyas características se indican en el Cuadro 4.

CUADRO 4

Ejemplos de emplazamientos y características climáticas asociadas

Coordenadas de la estación terrena	46,222° N 6,139° E	25,81° N 279,88° E	40,773° N 286,025° E
Ángulo de elevación	30°	24°	23°
Intensidad de lluvia durante el 0,01% de un año	25 mm/h	96 mm/h	43 mm/h

CUADRO 5

Profundidades de desvanecimiento correspondientes a una disponibilidad de propagación del 99,4%

Emplazamiento de la estación terrena	46,222° N 6,139° E		25,81° N 279,88° E		40,773° N 286,025° E	
Frecuencia del trayecto (GHz)	11	14	11	14	11	14
Profundidad de desvanecimiento (dB)	0,6	1,1	2,7	4,7	1,5	2,6

Obsérvese que las profundidades de desvanecimiento del Cuadro 5 no tienen en cuenta el margen adicional necesario para contrarrestar el incremento de la temperatura de ruido de la estación receptora debido a condiciones de cielo cubierto.

5.1 Número de desvanecimientos resultantes en una interrupción

De acuerdo con las Recomendaciones existentes sobre objetivos y disponibilidad de la calidad de funcionamiento del satélite, se produce una interrupción de una conexión por satélite cuando la calidad de funcionamiento de dicha conexión cae por debajo del umbral de disponibilidad durante 10 s o más

Teniendo en cuenta las cifras de intensidad de interrupciones contenidas en el Cuadro 2, puede determinarse la profundidad de desvanecimiento correspondiente a dichas cifras de interrupciones. El cumplimiento de lo dispuesto en la Recomendación UIT-T G.827 implica que los enlaces por satélite deben diseñarse con margen suficiente¹ para evitar que el número de desvanecimientos con una duración de 10 s o superior rebase los objetivos de intensidad de las interrupciones. Por consiguiente, el margen de desvanecimiento para el enlace por satélite debe cumplir o rebasar la profundidad del desvanecimiento de 10 s de duración que aparece en la ordenada de las Figs. 1 a 6. El Cuadro 6 resume los márgenes de desvanecimiento correspondientes necesarios para satisfacer los objetivos de intensidad de interrupciones de la Recomendación UIT-T G.827 así como los márgenes requeridos para satisfacer los objetivos de disponibilidad de la propagación indicados en el Cuadro 1, para tres emplazamientos a 11 GHz y 14 GHz.

¹ La Recomendación UIT-R S.1061 describe varias estrategias y técnicas para contrarrestar el desvanecimiento en el servicio fijo por satélite, que pueden garantizar que se logra el margen necesario.

CUADRO 6

Márgenes de desvanecimiento necesarios para satisfacer los objetivos de intensidad de interrupciones de la Recomendación UIT-T G.827 para tres emplazamientos de estación terrena a 11 GHz y 14 GHz

Emplazamiento de la estación terrena	46,222° N 6,139° E		25,81° N 279,88° E		40,773° N 286,025° E	
Frecuencia del trayecto (GHz)	11	14	11	14	11	14
Margen de desvanecimiento necesario para satisfacer una disponibilidad de propagación del 99,9%	1,5	2,6	6,6	11,2	3,2	5,5
Margen de desvanecimiento necesario para satisfacer una disponibilidad de propagación del 99,96%	2,3	4,0	9,7	16,3	4,8	8,2
Margen de desvanecimiento requerido para satisfacer la intensidad de interrupciones de prioridad alta G.827 (dB)	5,4	8,7	18,0	27,0	5,3	13,6
Margen de desvanecimiento requerido para satisfacer la intensidad de interrupciones de prioridad normalizada G.827 (dB)	2,7	4,8	10,6	17,1	2,7	7,7

5.2 Observaciones

Los Cuadros 5 y 6 muestran que los objetivos de la tasa de disponibilidad (AR) de la Recomendación UIT-T G.827 pueden satisfacerse con márgenes de enlace relativamente pequeños. El margen adicional necesario a fin de satisfacer la intensidad de interrupciones para unos objetivos de conexión de prioridad normalizada oscila entre 1,9 dB y 12,5 dB dependiendo de la frecuencia y del emplazamiento de la estación terrena. Se considera que se necesita aún más margen para satisfacer los objetivos en una conexión de prioridad alta. Los enlaces por satélite diseñados para satisfacer los objetivos de intensidad de interrupciones proporcionarían un valor de la tasa de disponibilidad muy superior al solicitado en la Recomendación UIT-T G.827 o incluso a los objetivos de disponibilidad de propagación que figuran en el Cuadro 1.

La causa predominante de las interrupciones de los trayectos por satélite es el desvanecimiento debido a la propagación anómala. La recuperación de estas interrupciones no requiere intervención y, en consecuencia, las interrupciones se autocorrijen. De acuerdo con la Nota del Cuadro 2/G.827 de la Recomendación UIT-T G.827, los valores de la intensidad de interrupciones se basan en un tiempo medio de restablecimiento (MTTR) de 4 h. De conformidad con las estadísticas de propagación calculadas, desvanecimientos de 4 h o más de duración aparecerán sólo unas pocas veces al año, en todo caso.

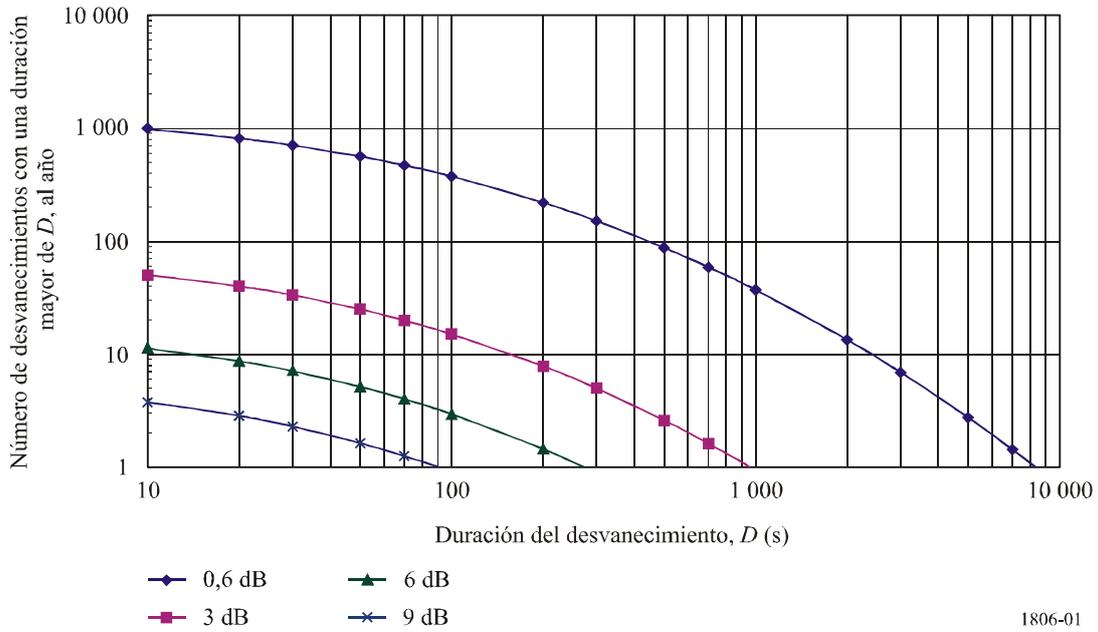
Teniendo en cuenta la duración y el carácter de autocorrección de las interrupciones en la propagación, no debe ser difícil satisfacer los objetivos de intensidad de interrupciones desde el punto de vista de las interrupciones de propagación.

Las interrupciones debidas al fallo, en circunstancias normales, de los equipos del segmento espacial o el segmento terreno pueden durar hasta 4 h o más, dependiendo de la configuración de la estación terrena, de la disponibilidad de las piezas de repuesto y del estado de mantenimiento. Los valores de disponibilidad de segmento espacial y disponibilidad de segmento terreno determinados durante la elaboración de la Recomendación UIT-R S.1424 relativa a la disponibilidad del satélite para el tráfico en modo de transferencia asíncrono, fueron de 99,99% y 99,95%, respectivamente.

Utilizando estos valores, el número medio de interrupciones debidas al fallo en los equipos sería de 1,5 al año. En consecuencia, proporcionando un margen suficiente para lograr los requisitos de la tasa de disponibilidad, pueden satisfacerse sin dificultad los objetivos señalados en la Recomendación UIT-T G.827 para los trayectos digitales por satélite.

FIGURA 1

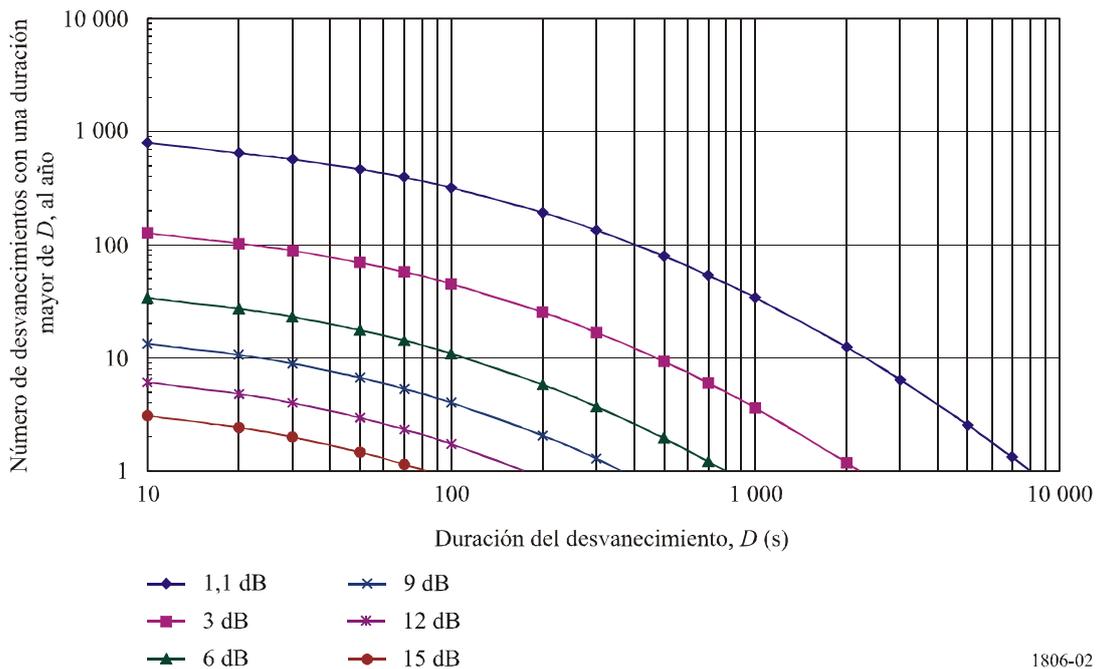
Número de desvanecimientos de duración, D , al año a 11 GHz
 46,222° N, 6,139° E; $R_{0,01} = 25$; ángulo de elevación = 30°



1806-01

FIGURA 2

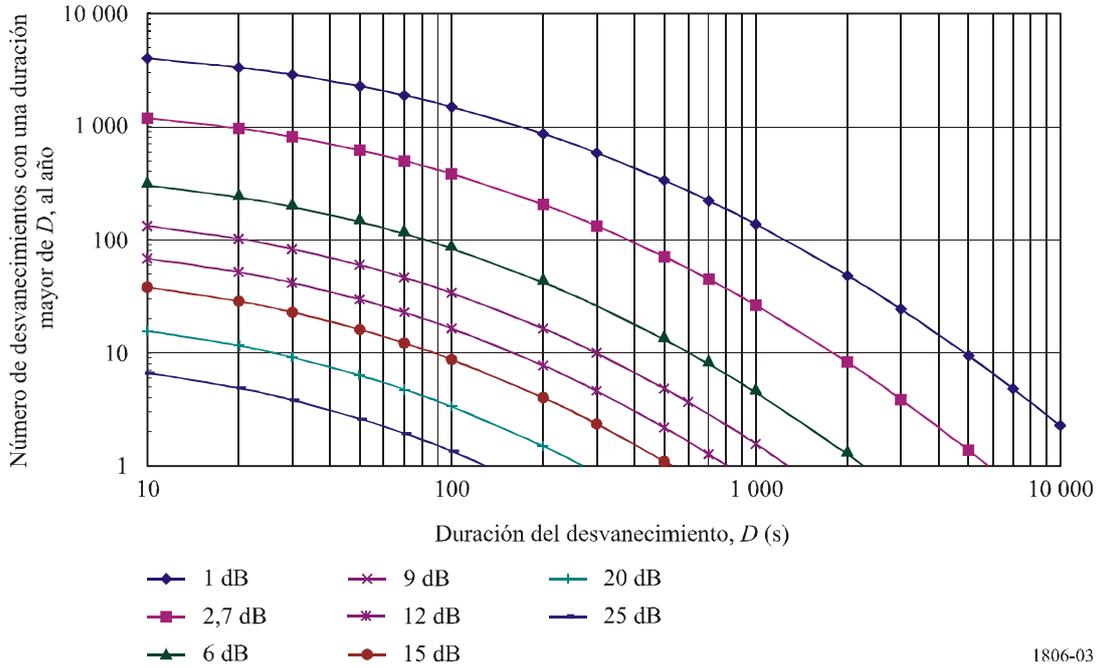
Número de desvanecimientos de duración, D , al año a 14 GHz
 46,222° N, 6,139° E; $R_{0,01} = 25$; ángulo de elevación = 30°



1806-02

FIGURA 3

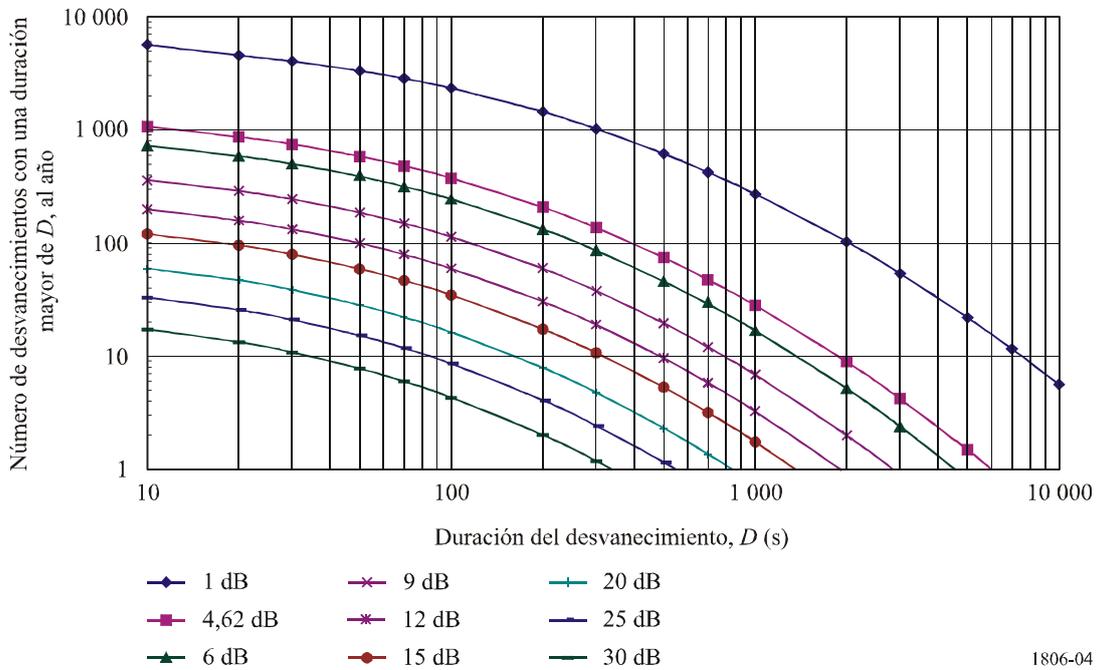
Número de desvanecimientos de duración, D , al año a 11 GHz
 25,81° N, 279,88° E; $R_{0,01} = 96$; ángulo de elevación = 24°



1806-03

FIGURA 4

Número de desvanecimientos de duración, D , al año a 14 GHz
 25,81° N, 279,88° E; $R_{0,01} = 96$; ángulo de elevación = 24°



1806-04

FIGURA 5
 Número de desvanecimientos de duración, D , al año a 11 GHz
 40,773° N, 286,025° E; $R0,01 = 43$; ángulo de elevación = 23°

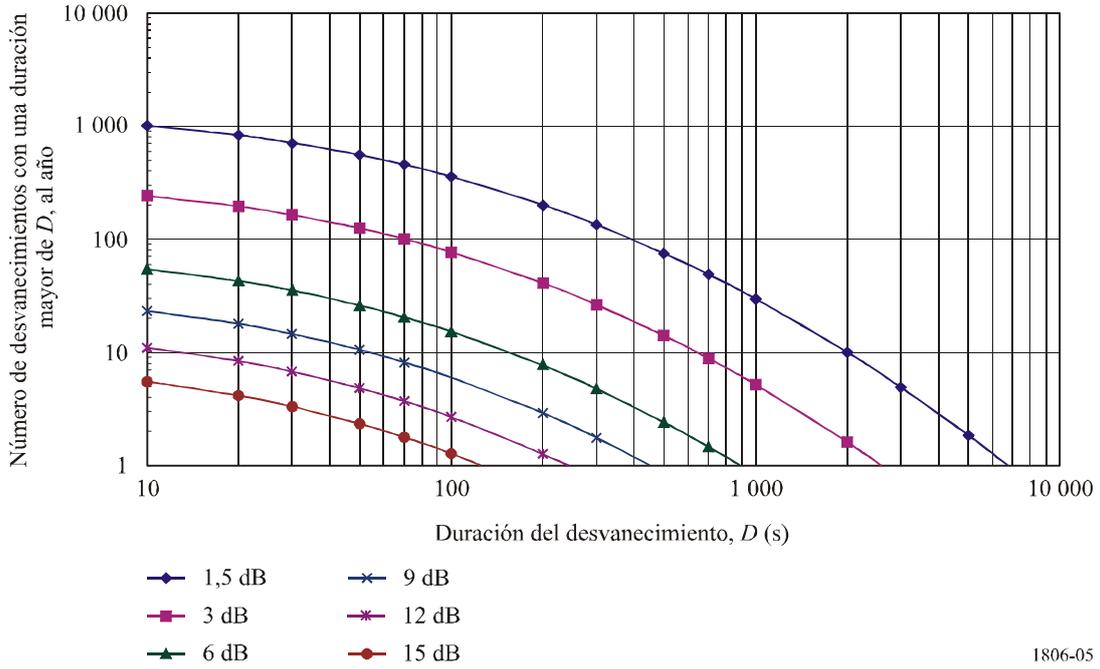
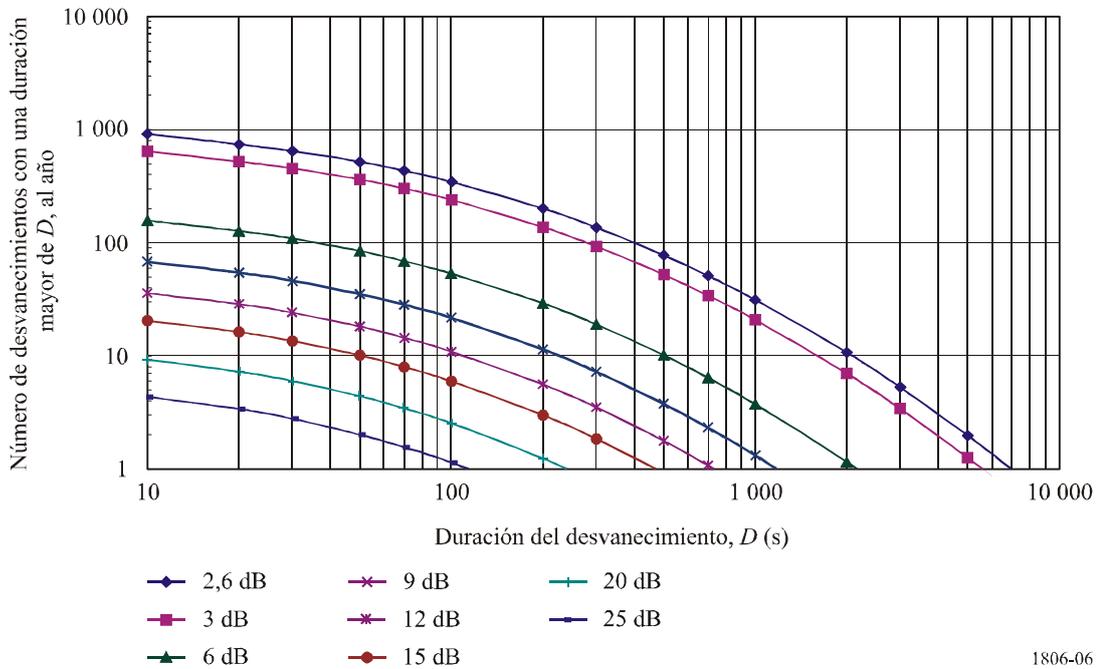


FIGURA 6
 Número de desvanecimientos de duración, D , al año a 14 GHz
 40,773° N, 286,025° E; $R0,01 = 43$; ángulo de elevación = 23°



6 Conclusiones

En este Anexo se hace referencia a los métodos contenidos en la Recomendación UIT-R P.1623 para calcular el número de desvanecimientos que se producirán en un enlace por satélite en función de la frecuencia, del ángulo de elevación y del emplazamiento de la estación terrena. Utilizando estos resultados se ha calculado el margen de desvanecimiento estimado para un enlace por satélite basándose en los objetivos de tasa de disponibilidad e intensidad de interrupciones que aparecen en la Recomendación UIT-T G.827. Se ha observado una diferencia significativa entre el margen de desvanecimiento estimado para satisfacer los objetivos de tasa de disponibilidad y el estimado para satisfacer los objetivos de intensidad de interrupciones. Se necesitan más trabajos para caracterizar la calidad de funcionamiento de los modernos enlaces digitales por satélite que hacen uso de técnicas de corrección de errores en recepción, desde el punto de vista de los objetivos de intensidad de interrupciones como se indica en la Recomendación UIT-T G.827.
