

## RECOMENDACIÓN UIT-R S.579-5

**Objetivos de disponibilidad para un circuito ficticio de referencia y un trayecto digital ficticio 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**

(Cuestión UIT-R 73/4)

(1982-1986-1992-1994-1997-2001)

La Asamblea de Radiocomunicaciones de la UIT,

*considerando*

- a) que el circuito ficticio de referencia (CFR) y los trayectos digitales ficticios de referencia (TDFR) en el servicio fijo por satélite (SFS) tienen por objeto servir de orientación a los proyectistas y planificadores;
- b) que es aconsejable amoldarse a los conceptos, términos y definiciones relacionados con la disponibilidad, contenidos en la Recomendación UIT-T G.106;
- c) que la disponibilidad del equipo (incluida la estación espacial) depende de la fiabilidad del mismo, de la mantenibilidad y de la logística de su mantenimiento;
- d) que la disponibilidad de un CFR o TDFR viene determinada por los efectos combinados de la disponibilidad del equipo y la debida a la propagación;
- e) que conviene aplicar objetivos similares de disponibilidad a los sistemas por cable, sistemas de relevadores radioeléctricos y sistemas del SFS;
- f) que los objetivos de disponibilidad de un TDFR utilizado para transportar tráfico ATM en la RDSI-BA se definirán en una Recomendación futura;
- g) que el tráfico en la RDSI se puede despachar a la velocidad primaria (1,544 Mbit/s o 2,048 Mbit/s) y a velocidades inferiores y superiores a ésta;
- h) las informaciones indicadas en el Anexo 1,

*recomienda*

**1** que la disponibilidad de un CFR o TDFR del SFS se defina con arreglo a la siguiente expresión:

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

donde:

(1)

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

en la que el «tiempo requerido» se define como el periodo de tiempo durante el cual el usuario requiere que el circuito o el «trayecto digital» esté en condiciones de llevar a cabo la función requerida, y el tiempo indisponible es el tiempo acumulado de las interrupciones del circuito o del trayecto digital durante el tiempo requerido;

2 que la indisponibilidad de un CFR o TDFR del SFS debida al equipo no sea mayor del 0,2% de un año (véase la Nota 7);

3 que la indisponibilidad debida a la propagación (véase la Nota 7) no sea mayor de:

3.1 0,2% de cualquier mes para una dirección de un TDFR del SFS (véase la Nota 8);

3.2 0,1% de cualquier año (en relación con el término «cualquier año», véase la Nota 11 de la Recomendación UIT-R S.353) para una dirección de un CFR del SFS;

4 que un enlace del SFS definido entre los extremos del CFR o del TDFR de las Recomendaciones UIT-R S.352 y UIT-R S.521 se considere indisponible si se cumple una o más de las condiciones de los *recomienda* 4.1 a 4.5 en uno u otro de los extremos receptores del enlace durante 10 s consecutivos o más (véase la Nota 6). (Un periodo de tiempo indisponible comienza cuando persiste una de las condiciones de los *recomienda* 4.1 a 4.5 durante un periodo de 10 s consecutivos. Estos 10 s se consideran tiempo indisponible. El periodo de tiempo indisponible termina cuando la misma condición cesa durante un periodo de 10 s consecutivos. Estos 10 s se consideran tiempo disponible.):

4.1 en transmisión analógica, la señal deseada aplicada al circuito se recibe en el otro extremo con un nivel inferior en 10 dB o más a su nivel previsto;

4.2 en transmisión digital, la señal se interrumpe (es decir, se pierde la alineación o la temporización);

4.3 en la transmisión analógica, la potencia de ruido no ponderado de un canal telefónico en un punto de nivel relativo cero, con un tiempo de integración de 5 ms es superior a  $10^6$  pW0;

4.4 en transmisión digital en una velocidad inferior a la primaria (1,544 Mbit/s o 2,048 Mbit/s), la proporción de bits erróneos (BER) promediada durante 1 s es superior a  $10^{-3}$  (véase el § 4.2.1 de la Recomendación UIT-T G.821);

4.5 en transmisión digital a la velocidad primaria (1,544 Mbit/s o 2,048 Mbit/s) o a una velocidad superior, cada segundo se considera un evento de segundo con muchos errores (SME). El SME se define como un segundo que contiene  $\geq 30\%$  de bloques con error o al menos un periodo muy perturbado (SDP) (véase el § 4.1.1 de la Recomendación UIT-T G.826);

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

NOTA 1 – La indisponibilidad del equipo analógico de multiplexaje no se tiene en cuenta en lo que antecede. La indisponibilidad del equipo digital de multiplexaje está incluida en el *recomienda* 2.

NOTA 2 – El valor de la indisponibilidad del CFR o TDFR es un objetivo de planificación para sistemas del SFS y no debe incluirse en las especificaciones de sistemas ni utilizarse para pruebas de aceptación.

NOTA 3 – Esta Recomendación se debe utilizar para tráfico digital (por debajo y por encima de la velocidad primaria y a la velocidad primaria propiamente dicha) transportado en la jerarquía digital plesiócrona (PDH) o las jerarquías digitales síncronas (JDS). Sin embargo, en el caso de servicios ATM en RDSI-BA transportados en la PDH o JDS, los objetivos de disponibilidad se estudiarán más a fondo.

NOTA 4 – Los periodos inferiores a 10 s consecutivos, durante los cuales existan las condiciones señaladas en los *recomienda* 4.1 a 4.5, se consideran tiempo de disponibilidad del circuito y deberán tenerse en cuenta al aplicar las Recomendaciones.

NOTA 5 – Todas las interrupciones debidas a eclipses de Sol y a las interferencias producidas por el Sol son incluidas como parte del tiempo en el *recomienda* 2 cuando aparecen durante el tiempo requerido. La influencia de la interferencia producida por el Sol durante el tiempo requerido puede minimizarse tomando las correspondientes medidas operacionales puesto que estos acontecimientos pueden predecirse con precisión. Véase el Anexo 1 y la Recomendación UIT-R S.1525.

NOTA 6 – Para los cálculos de disponibilidad debe tenerse en cuenta explícitamente el tiempo medio entre fallos, el tiempo medio de restablecimiento del servicio, las precauciones tomadas contra las interrupciones y la degradación de la calidad de funcionamiento del satélite (en especial el uso de canales de reserva y de sistemas redundantes).

NOTA 7 – La indisponibilidad de un circuito o trayecto digital del SFS para tramos nacionales con sistemas de transmisión alternativos puede quedar excluida de los *recomienda* 2 y 3 y las administraciones podrán determinarla en función de las condiciones locales (es decir, propagación, dimensiones geográficas, distribución demográfica, organización del mantenimiento, etc.).

NOTA 8 – En el *recomienda* 3.1 se supone que el valor de 0,2% de cualquier mes corresponde con un periodo de cualquier año cuando se aplica un factor de conversión de 5, es decir, que el 0,2% de cualquier mes correspondería al 0,04% de cualquier año (en relación con el término «cualquier año», véase la Nota 11 de la Recomendación UIT-R S.353). El Anexo 1 a la Recomendación UIT-R S.614 examina con más detalle este factor de conversión.

NOTA 9 – Los sistemas por satélite digitales en explotación pueden contar con funciones de supervisión, tales como alarmas de elevada BER, que pueden causar la interrupción o la liberación de llamadas cuando la BER excede de  $10^{-3}$  durante periodos de menos de 10 s. Esto se relaciona con la utilización de la señal de indicación de alarma (SIA) y depende de los factores específicos de la red. Se estudiará ulteriormente el posible margen para este tipo de degradación de la calidad debida a los efectos de propagación.

NOTA 10 – Esta Recomendación se aplica a los sistemas de satélite que funcionan a velocidades inferiores a 15 GHz. La extensión de los requisitos de disponibilidad contenidos en la presente Recomendación a los sistemas que funcionan a frecuencias superiores será objeto de un estudio más a fondo.

## ANEXO 1

### 1 Definición de disponibilidad

En el contexto de una conexión extremo a extremo, la disponibilidad incluye varias partes componentes, examinadas en la Recomendación UIT-T G.106. Al aplicar el concepto de disponibilidad a los CFR por satélite y a los TDFR por satélite, solamente interesa la disponibilidad debida al equipo y la debida a la propagación.

### 2 Consideraciones generales

El Manual sobre Telecomunicaciones por satélite (Servicio fijo por satélite) (Ginebra, 1988) contiene un amplio análisis de la disponibilidad (§ 2.4). Se examina en el mismo en particular la influencia en la disponibilidad de factores tales como:

- duración media entre interrupciones, para evitar que las interrupciones largas aparezcan con excesiva frecuencia;
- interrupción total durante un largo periodo, a fin de asegurar un valor máximo de disponibilidad para el sistema;
- duración media de la interrupción, para garantizar que, de ocurrir una interrupción, no será demasiado larga;

- la frecuencia de aparición de las interrupciones (por ejemplo, medida por hora);
- la duración total de la interrupción durante un periodo determinado (por ejemplo, de un mes o año cualquiera);
- la duración definida estadísticamente de las interrupciones, que podría estar especificada por varios puntos diferentes de la ley de distribución estadística.

### 3 Indisponibilidad debida al equipo

Bajo este epígrafe se incluyen varias causas diferentes de interrupción. Son las siguientes:

- causas relacionadas con el satélite, entre las que figuran los fallos parciales o completos de cualquiera de los sistemas de a bordo, además de las interrupciones debidas a eclipses;
- causas relacionadas con las estaciones terrenas, incluido el fallo de cualquier equipo hasta el punto de interfaz con la red terrenal, e interrupciones causadas por errores humanos, por el paso del Sol y por la acción de desastres naturales.

El Manual sobre Telecomunicaciones por satélite (Servicio fijo por satélite) mencionado más arriba contiene un análisis de muchos de estos mecanismos y da información sobre la disponibilidad lograda en la práctica con satélites y estaciones terrenas en explotación.

### 4 Indisponibilidad debida a la propagación

Este título abarca interrupciones causadas por la propagación y la interferencia. En la actualidad sólo se dispone de información limitada sobre el efecto de la interferencia desde dentro y fuera del sistema (incluidos los relevadores radioeléctricos) en la disponibilidad, siendo éste un tema que requiere ulteriores estudios.

Se han llevado a cabo algunos estudios sobre la influencia de la propagación en la disponibilidad. En particular se ha puesto de manifiesto la necesidad de distinguir entre interrupciones breves debidas a mecanismos de propagación, de menos de 10 s consecutivos, de las que se ocupan las Recomendaciones relativas a la calidad de funcionamiento, e interrupciones de 10 o más segundos consecutivos, que contribuyen a la indisponibilidad. A este respecto se ha utilizado un «factor de disponibilidad», que puede definirse de la siguiente manera:

$$\text{Factor de disponibilidad} = \frac{\text{Tiempo total durante el cual ocurren interrupciones de duración inferior a 10 s}}{\text{Tiempo total durante el cual ocurren todas las interrupciones}} \times 100\%$$

El significado de «interrupciones» depende de si se está considerando un circuito analógico o digital. En el *recomienda* 4 se da una definición precisa de cada caso.

### 5 Indisponibilidad debida al tránsito del Sol

La mayoría de los operadores de estaciones terrenas del SFS (órbita de los satélites geoestacionarios) han aceptado que la interferencia producida por el Sol es un fenómeno natural predecible que se produce durante breves periodos de tiempo dos veces al año. Basándose en el algoritmo de tránsito del Sol simplificado descrito en el Anexo 2 de la Recomendación UIT-R S.1525 los operadores de estaciones terrenas y sus clientes pueden realizar una estimación de la hora y el día en que aparecerá la interferencia producida por el Sol. Con esta información pueden tomar las medidas necesarias para reducir los efectos de dicha interferencia. Estas estrategias se describen en los puntos siguientes.

### **5.1 Enlaces que cursan tráfico de la red pública conmutada (RPC)**

La mayoría del tráfico de las RPC encaminado a través de satélites INTELSAT se cursa mediante las estaciones terrenas con antenas de mayor tamaño tales como las de la Norma A (30 a 33 m) o la Norma A revisada (16 a 18 m) en la banda de 6/4 GHz o las de la Norma C (aproximadamente 16 m) o la Norma C revisada (aproximadamente 9 m) en la banda 14/10-11 GHz. Debido a su gran tamaño y a su pequeña anchura de haz ( $0,2^\circ$  a  $0,3^\circ$ ), la repercusión de la interferencia causada por el Sol es relativamente pequeña y prácticamente despreciable en términos de disponibilidad. Los circuitos de las RPC están diseñados para una norma de disponibilidad anual de 0,9996 o mejor. Para las antenas indicadas anteriormente, la disponibilidad debida únicamente a la interferencia producida por el Sol oscila entre 0,99998 y 0,99997. Además, como la mayoría del tráfico cursado por estas redes pasa a través de centrales digitales, el tráfico esencial puede reencaminarse temporalmente durante los pocos minutos que dura la interferencia producida por el Sol o los circuitos troncales del satélite pueden bloquearse manual o automáticamente para evitar la toma de circuitos degradados. A diferencia del desvanecimiento de la propagación, que puede aumentar o disminuir durante los periodos de lluvia, los sucesos de tránsito del Sol degradarán la calidad de funcionamiento del enlace de manera continua hasta que alcance su máximo y a continuación mejorarán hasta restablecer la calidad de funcionamiento normal.

### **5.2 Enlaces que cursan tráfico de acceso múltiple por división en tiempo y acceso múltiple por asignación según demanda**

INTELSAT explota dos servicios que exigen que las estaciones centrales proporcionen la temporización de referencia esencial o la atribución de anchura de banda a la comunidad de usuarios de las estaciones terrenas. Para minimizar el efecto de la interferencia causada por el Sol sobre la disponibilidad de la red, estas estaciones utilizan los datos de predicción de la actividad solar para transferir el control de la red desde la estación principal a las estaciones principales secundarias geográficamente separadas. Ello elimina el efecto de la interferencia causada por el Sol y asegura la continuidad del control de la red para proporcionar los servicios de control de tráfico esenciales.

### **5.3 Enlaces que cursan tráfico arrendado**

Los enlaces que cursan tráfico arrendado normalmente funcionan con estaciones terrenas que poseen antenas de pequeño tamaño y como la misma señal se recibe por varias estaciones, el reencaminamiento del tráfico no siempre es razonable o conveniente desde el punto de vista económico. Sin embargo, los operadores de redes arrendadas normalmente establecen sus planes teniendo en cuenta estos periodos de interrupción causados por la interferencia provocada por el Sol e informan a sus clientes de la aparición de estas breves interrupciones señalándoles que durante esos periodos se cursará tráfico no esencial. Conociendo previamente cuándo va a producirse la interferencia causada por el Sol, los operadores pueden planificar sus operaciones para minimizar las repercusiones y, al igual que sucede con los periodos de mantenimiento y reparación, los clientes aceptan tales interrupciones cuando han sido avisados de antemano.

Basándose en la definición de indisponibilidad que aparece en el *recomienda* 1 y en la descripción precedente de los pasos prácticos que toman los operadores de satélites y los que resultarían afectados, es evidente que la interferencia producida por el Sol no contribuye al tiempo de indisponibilidad de forma similar a como lo hacen las interrupciones de propagación y por interferencia.

## **6 Efectos de la propagación en el tiempo de indisponibilidad**

En este punto se resume la información disponible hasta la fecha sobre la manera en que los efectos de la propagación contribuyen al tiempo de indisponibilidad. Mucha de la información ha sido examinada por la Comisión de Estudio 3 de Radiocomunicaciones, la cual ha analizado los datos en

términos de tiempo disponible (con eventos de atenuación de duración inferior a 10 s, que corresponden a «segundos con muchos errores») y tiempo indisponible (con eventos de atenuación de duración superior a 10 s), de conformidad con la definición de tiempo indisponible contenida en esta Recomendación.

La información se presenta en los Cuadros 1 y 2 y en la Fig. 1 como porcentajes del mes más desfavorable. El Cuadro 1 se ha obtenido a partir de mediciones de radiobalizas de satélite; el Cuadro 2 mediante mediciones de radiómetro.

### CUADRO 1

#### Porcentaje del mes más desfavorable en que se excedieron los valores de atenuación indicados

En cada valor de atenuación, se ha hecho la distinción entre tiempo disponible y tiempo indisponible (véase el *recomienda 4*)

Nivel de atenuación excedido (dB)	Dinamarca (I, II) <sup>(1)</sup> Ángulo de elevación = 26,5°						Dinamarca (III) <sup>(1)</sup> Ángulo de elevación = 12,5°	
	11,8 GHz			14,5 GHz			11,4 GHz	
	Emplazamiento único (% del mes)		Diversidad de emplazamientos (% del mes)		Emplazamiento único (% del mes)		Emplazamiento único (% del mes)	
	Tiempo disponible	Tiempo indisponible	Tiempo disponible	Tiempo indisponible	Tiempo disponible	Tiempo indisponible	Tiempo disponible	Tiempo indisponible
2	0,0070	0,112	0,0110	0,143	0,0165	0,213	0,0343	0,201
3								
4	0,00053	0,0222			0,0038	0,0462	0,00355	0,0215
6	0,00028	0,0106			0,00070	0,0138	0,00035	0,00305
8	0,00047	0,0056			0,0013	0,0039		0,00131
10	0,000096	0,0033			0,00014	0,00070		
15	0,00017	0,00054						
20								

<sup>(1)</sup> Véase la Fig. 1.

Nivel de atenuación excedido (dB)	Reino Unido (IV, V) <sup>(1)</sup> Ángulo de elevación = 29,9°				Japón (VI) <sup>(1)</sup> Ángulo de elevación = 6,6°	
	11,8 GHz		14,5 GHz		11,5 GHz	
	Emplazamiento único (% del mes)		Emplazamiento único (% del mes)		Emplazamiento único (% del mes)	
	Tiempo disponible	Tiempo indisponible	Tiempo disponible	Tiempo indisponible	Tiempo disponible	Tiempo indisponible
2	0,015	0,16	0,03	0,03		
3					0,96	5,7
4	0,0022	0,035	0,009	0,10		
6	0,0008	0,014	0,0022	0,033	0,16	1,84
8	0,0005	0,006	0,0009	0,016		
10					0,027	0,52
15					0,008	0,17
20						

<sup>(1)</sup> Véase la Fig. 1.

## CUADRO 2

**Porcentaje del mes más desfavorable para el que los valores  
indicados de atenuación fueron excedidos en Canadá**

Nivel de atenuación excedido (dB)	Clima K (VII, IX) <sup>(1)</sup> 13 GHz				Clima E (VIII) <sup>(1)</sup> 13 GHz	
	Emplazamiento 1 Ángulo de elevación = 20°		Emplazamiento 2 Ángulo de elevación = 29°		Ángulo de elevación = 31°	
	Tiempo disponible	Tiempo indisponible	Tiempo disponible	Tiempo indisponible	Tiempo disponible	Tiempo indisponible
2	0,017	1,10	0,0081	0,51	0,014	0,68
3	0,007	0,54	0,0042	0,31	0,0046	0,22
4	0,0039	0,36	0,0028	0,22	0,003	0,11
6	0,0022	0,16	0,0017	0,16	0,0004	0,058
8	0,0011	0,089	0,0017	0,12	0,0005	0,041
10	0,0007	0,056	0,0007	0,099	0,0004	0,031

<sup>(1)</sup> Véase la Fig. 1.

Del Cuadro 1 se han extraído las siguientes conclusiones:

- Con ángulos de elevación del orden de 26° a 30° y con valores de atenuación de 2 a 8 dB, se observó que la relación entre el tiempo de atenuación durante el tiempo disponible y el tiempo de atenuación durante el tiempo total estaba comprendida entre el 3% y el 10%. Con valores de atenuación más elevados, esta proporción tendía a aumentar porque la duración de los eventos disminuiría a medida que la atenuación se aproximase a su valor máximo.
- Con ángulos de elevación menores, es decir, de 6° a 12°, se observó que la relación entre el tiempo de atenuación durante el tiempo disponible y el tiempo de atenuación durante el tiempo total era de 14% aproximadamente con un valor de atenuación de 3 dB y disminuía a un 5% con valores comprendidos entre 10 y 15 dB. Con valores de atenuación aún más altos, es probable que la relación vuelva a aumentar. Es de presumir que el centelleo aporte una contribución mayor al tiempo de atenuación con ángulos de elevación menores, que la aportada en las mediciones con ángulos de elevación mayores.

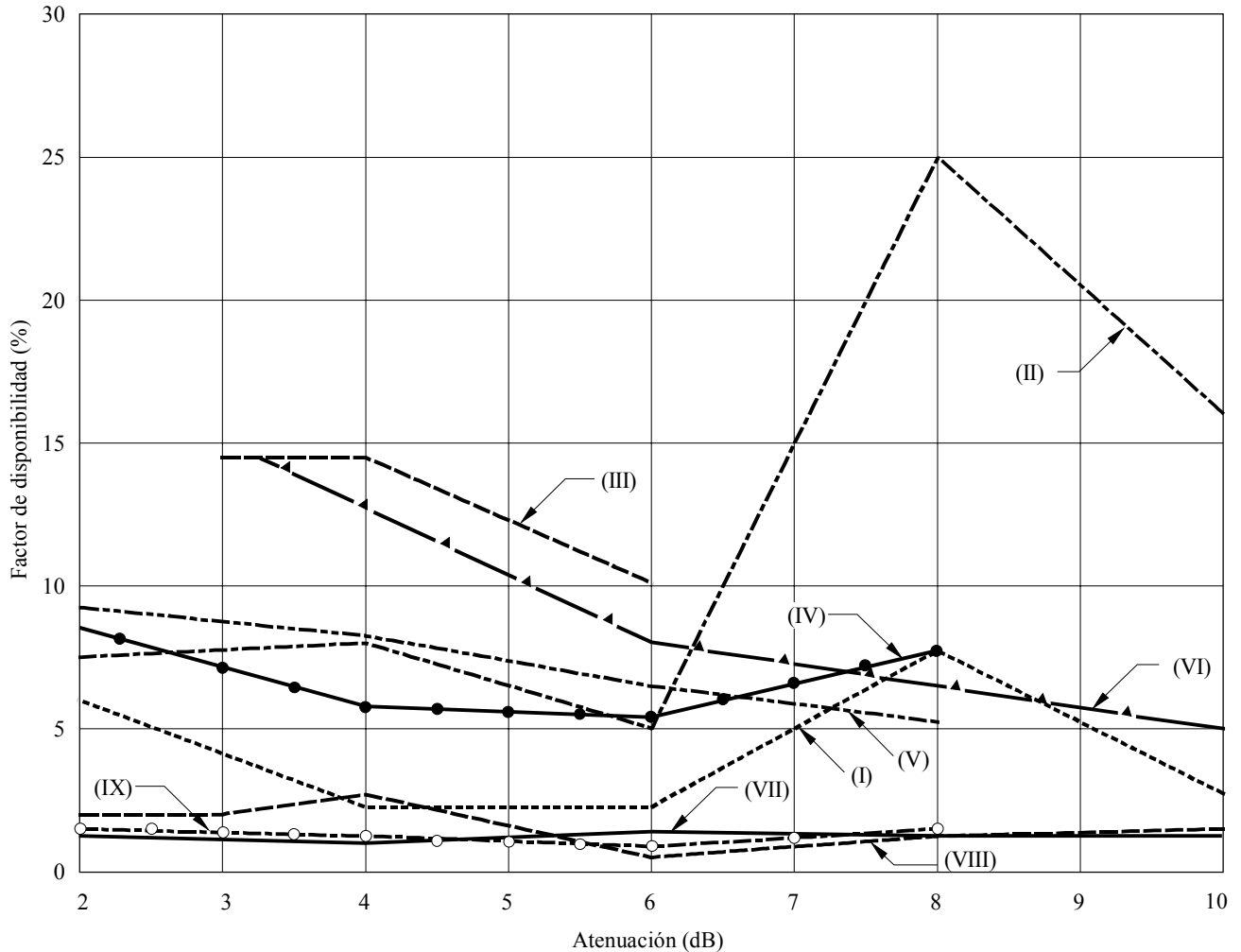
Los datos con diversidad de emplazamientos se fundan solamente en valores de atenuación de 2 dB; durante el experimento en Dinamarca no se efectuaron mediciones con el valor de atenuación de 4 dB en ambos emplazamientos simultáneamente. Los únicos datos suministrados corresponden, pues, al valor de 2 dB. Se observó que la relación entre el tiempo de atenuación durante el tiempo disponible y durante el tiempo total era muy semejante a la correspondiente a un solo emplazamiento. Sin embargo, en regiones del mundo con índices de pluviosidad más elevados, la relación para la diversidad de emplazamientos puede ser mayor que con un solo emplazamiento como consecuencia del mayor impacto de la diversidad en esos climas.

Los datos contenidos en el Cuadro 2 se basan en mediciones hechas con radiómetro en el Canadá, a 13 GHz. Los datos de propagación se recogieron en seis lugares en los que se habían registrado desvanecimientos de 2 a 10 dB, calculándose las duraciones de desvanecimiento de menos de 10 s y de 10 o más segundos. Se presentan los resultados para dos lugares típicos de clima K y uno de clima E. De estos resultados se desprende que la disponibilidad se halla en la gama del 1 a 4%. Utilizando el factor de disponibilidad dado en el § 6, su valor se reduce a menos del 1%. Estos datos indican además que, a efectos de concepción de sistemas, para una gama de 3 a 6 dB, cabe esperar un tiempo indisponible total de hasta el 0,54% del mes más desfavorable.

Del examen de toda la información presentada más arriba se deduce que un factor de disponibilidad de 10% es un valor de trabajo conservador.

FIGURA 1

Gráfico del factor de disponibilidad de la propagación con respecto a la atenuación



- (I) – Dinamarca, 11,8 GHz, ángulo de elevación = 26,5°, clima D
- (II) – Dinamarca, 14,5 GHz, ángulo de elevación = 26,5°, clima D
- (III) – Dinamarca, 11,4 GHz, ángulo de elevación = 12,5°, clima D
- (IV) – Reino Unido, 11,8 GHz, ángulo de elevación = 29,9°, clima E
- (V) – Reino Unido, 14,5 GHz, ángulo de elevación = 29,9°, clima E
- (VI) – Japón, 11,5 GHz, ángulo de elevación = 6,6°, clima M
- (VII) – Canadá, 13 GHz, ángulo de elevación = 20°, clima K
- (VIII) – Canadá, 13 GHz, ángulo de elevación = 31°, clima E
- (IX) – Canadá, 13 GHz, ángulo de elevación = 29°, clima K