

**UIT-R**

Sector de Radiocomunicaciones de la UIT

**Recomendación UIT-R F.1606**  
(02/2003)

**Criterios de interferencia para la protección  
de sistemas inalámbricos fijos contra  
la interferencia combinada variable en  
el tiempo ocasionada por satélites no  
geoestacionarios que funcionan en otros  
servicios que comparten las bandas  
37-40 GHz y 40,5-42,5 GHz  
también a título primario**

**Serie F**  
**Servicio fijo**



## Prólogo

El Sector de Radiocomunicaciones tiene como cometido garantizar la utilización racional, equitativa, eficaz y económica del espectro de frecuencias radioeléctricas por todos los servicios de radiocomunicaciones, incluidos los servicios por satélite, y realizar, sin limitación de gamas de frecuencias, estudios que sirvan de base para la adopción de las Recomendaciones UIT-R.

Las Conferencias Mundiales y Regionales de Radiocomunicaciones y las Asambleas de Radiocomunicaciones, con la colaboración de las Comisiones de Estudio, cumplen las funciones reglamentarias y políticas del Sector de Radiocomunicaciones.

## Política sobre Derechos de Propiedad Intelectual (IPR)

La política del UIT-R sobre Derechos de Propiedad Intelectual se describe en la Política Común de Patentes UIT-T/UIT-R/ISO/CEI a la que se hace referencia en el Anexo 1 a la Resolución UIT-R 1. Los formularios que deben utilizarse en la declaración sobre patentes y utilización de patentes por los titulares de las mismas figuran en la dirección web <http://www.itu.int/ITU-R/go/patents/es>, donde también aparecen las Directrices para la implementación de la Política Común de Patentes UIT-T/UIT-R/ISO/CEI y la base de datos sobre información de patentes del UIT-R sobre este asunto.

### Series de las Recomendaciones UIT-R

(También disponible en línea en <http://www.itu.int/publ/R-REC/es>)

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

*Nota: Esta Recomendación UIT-R fue aprobada en inglés conforme al procedimiento detallado en la Resolución UIT-R 1.*

Publicación electrónica  
Ginebra, 2010

© UIT 2010

Reservados todos los derechos. Ninguna parte de esta publicación puede reproducirse por ningún procedimiento sin previa autorización escrita por parte de la UIT.

## RECOMENDACIÓN UIT-R F.1606\*

**Criterios de interferencia para la protección de sistemas inalámbricos fijos  
contra la interferencia combinada variable en el tiempo ocasionada  
por satélites no geoestacionarios que funcionan en otros servicios  
que comparten las bandas 37-40 GHz y 40,5-42,5 GHz  
también a título primario**

(2003)

**Cometido**

Esta Recomendación especifica los criterios de interferencia para la protección de los sistemas inalámbricos fijos contra la interferencia combinada variable en el tiempo procedente de satélites no geoestacionarios que funcionan en otros servicios que comparten las bandas 37-40 GHz y 40,5-42,5 GHz a título primario en igualdad de condiciones. Los criterios se definen en términos de la relación  $I/N$  a la entrada del receptor del SF para la interferencia tanto a largo plazo como a corto plazo. En el Anexo 1 se ofrecen orientaciones sobre la utilización de la presente Recomendación.

La Asamblea de Radiocomunicaciones de la UIT,

*considerando*

- a) que es conveniente determinar los criterios de protección de los sistemas inalámbricos fijos (FWS) que funcionan en las bandas de 38 GHz (37-40 GHz) y 40 GHz (40,5-42,5 GHz) con respecto a la interferencia combinada ocasionada por los sistemas de otros servicios que funcionan también a título primario, especialmente las interferencias de corta duración;
- b) que en situaciones de interferencia en las que haya implicadas estaciones espaciales no OSG, los FWS se ven potencialmente expuestos a altos niveles de interferencia durante periodos de tiempo breves que podrían afectar al funcionamiento y la disponibilidad de estos sistemas;
- c) que en el diseño de enlaces del servicio fijo que funcionan en las bandas de 38 GHz y 40 GHz se tiene en cuenta la atenuación debida a la lluvia, cuyo modelo puede establecerse utilizando la Recomendación UIT-R P.530;
- d) que en las bandas de 38 GHz y 40 GHz algunas administraciones utilizan control automático de potencia de transmisión (CAPT) para los enlaces del servicio fijo, y que dicho uso aumenta la susceptibilidad de estos enlaces a la interferencia, especialmente la de corta duración;
- e) que algunos enlaces del servicio fijo con márgenes de desvanecimiento neto pequeños no pueden protegerse completamente contra la interferencia ocasionada por sistemas de satélites no OSG sin limitar excesivamente esos servicios;

---

\* La Comisión de Estudio 5 de Radiocomunicaciones introdujo modificaciones redaccionales en esta Recomendación en diciembre de 2009, de conformidad con la Resolución UIT-R 1.

f) que los enlaces del servicio fijo característicos con CAPT necesitan criterios de protección más estrictos que los enlaces del servicio fijo con amplio margen de desvanecimiento que no utilizan CAPT;

g) que es conveniente deducir los criterios de protección del servicio fijo combinados sobre la base del cálculo de la degradación admisible del objetivo de característica de error (EPO, *error performance objective*) debida a la interferencia, teniendo en cuenta enlaces del servicio fijo típicos que utilizan CAPT,

*reconociendo*

a) que las bandas 37,5-40 GHz y 40,5-42,5 GHz se compartan a título primario con el servicio fijo por satélite (SFS),

*observando*

a) que en la Recomendación UIT-R F.1094 se define la máxima degradación admisible de los objetivos de característica de error debida a la interferencia procedente de otros servicios que comporten la misma banda de frecuencias a título primario en igualdad de condiciones;

b) que se define en la Recomendación UIT-R F.1565 la degradación admisible de la calidad de funcionamiento de los sistemas inalámbricos fijos debido a la interferencia causada por otros servicios que comparten las mismas bandas de frecuencias a título primario en igualdad de condiciones, expresada como fracción admisible de los objetivos de característica de error totales,

*recomienda*

**1** que se utilicen los criterios de interferencia siguientes para proteger los sistemas del servicio fijo contra la interferencia combinada variable ocasionada por sistemas de otros servicios que funcionan en las bandas 37-40 GHz y 40,5-42,5 GHz, también a título primario;

**1.1** que para la interferencia de larga duración, la relación interferencia/ruido ( $I/N$ ) a la entrada del receptor del servicio fijo no supere el valor de  $-10$  dB durante más del 20% del tiempo (véase la Nota 1);

**1.2** que para la interferencia de corta duración, la relación  $I/N$  a la entrada del receptor del servicio fijo no supere el valor de  $+10$  dB durante más del 0,013% del tiempo para los sistemas que son conformes con la Recomendación UIT-T G.828, o del 0,05% del tiempo para los demás sistemas (véase la Nota 1);

**1.3** que para la interferencia de corta duración, en algunos enlaces de ciertas aplicaciones de acceso inalámbrico de banda ancha (BWA), la relación  $I/N$  a la entrada del receptor del servicio fijo no supere el valor de  $+5$  dB durante más del 0,013% del tiempo para los sistemas que son conformes con la Recomendación UIT-T G.828, o del 0,05% del tiempo para los demás sistemas (véase la Nota 1);

**2** que se utilice la información que figura en el Anexo 1 para aplicar esta Recomendación.

NOTA 1 – Estos niveles de  $I/N$  se refieren al ruido total a la entrada del receptor, incluido el nivel de ruido del sistema ( $k T BF$ ) más 1 dB para tener en cuenta la interferencia dentro del servicio (véase el § 5 del Anexo 1).

## Anexo 1

### Deducción de los criterios de protección del servicio fijo contra la interferencia combinada en las bandas 37-40 GHz y 40,5-42,5 GHz

#### 1 Introducción

La metodología presentada en este Anexo se basa en la suposición de que el desvanecimiento en las bandas de 38 GHz y 40 GHz es debido principalmente a la lluvia y que, por tanto, aun cuando la interferencia de larga duración tenga efectos sobre la calidad de funcionamiento del enlace, la principal causa de interrupción del enlace del servicio fijo es que el nivel de interferencia es superior al margen de desvanecimiento del enlace, cualesquiera que sean las condiciones de propagación.

De acuerdo con lo anterior, se realiza la siguiente distribución de los efectos de la interferencia sobre la degradación del enlace (y sobre los EPO):

- el 20% de la degradación de enlace del servicio fijo se debe a la interferencia de larga duración;
- el 80% de la degradación de enlace del servicio fijo se debe a la interferencia de corta duración.

#### 2 EPO

En la Recomendación UIT-R F.1565 se define la degradación admisible en la calidad de funcionamiento de los FWS reales debida a la interferencia ocasionada por otros servicios que comparten la mismas bandas de frecuencia también a título primario, expresada como una fracción aceptable (10%) de los EPO.

Actualmente los sistemas del servicio fijo se utilizan en la banda de 38 GHz para las redes de acceso o las redes de infraestructura de telefonía móvil en aplicaciones punto a punto y punto a multipunto. Como ya se han previsto estas mismas aplicaciones en la banda de 40 GHz, en los estudios actuales se han utilizado los mismos EPO de referencia en ambas bandas sobre la base de la sección de red de acceso o de la sección de red intercentrales de corta distancia, que en la Recomendación UIT-R F.1565 se consideran similares.

Los correspondientes valores de los EPO se muestran en el Cuadro 1 y para su obtención se han hecho las siguientes suposiciones:

- sección de red de acceso o de red intercentrales de corta distancia (Cuadros 4a y 4b, o 5a y 5b de la Recomendación UIT-R F.1565;
- velocidad VC-3 en los Cuadros 4a y 5a, y velocidad entre 15 y 55 Mbit/s en los Cuadros 4b y 5b;
- $B = C = 8\%$ .

CUADRO 1

	EPO (fracción de cualquier mes) basados en la aplicación de la Recomendación UIT-R F.1565		
	Interferencia total admisible	Interferencia de larga duración (20%)	Interferencia de corta duración (80%)
Tasa de segundos con errores (Rec. UIT-T G.826)	$6 \times 10^{-4}$	$1,2 \times 10^{-4}$	$4,8 \times 10^{-4}$
Tasa de segundos con errores (Rec. UIT-T G.828)	$1,6 \times 10^{-4}$	$3,2 \times 10^{-5}$	$1,3 \times 10^{-4}$
Tasa de segundos con muchos errores	$1,6 \times 10^{-5}$	$3,2 \times 10^{-6}$	$1,3 \times 10^{-5}$

### 3 Criterios para la interferencia de corta duración

#### 3.1 Metodología

Según se explicó en el § 1, la principal causa de interrupción del enlace del servicio fijo, en la interferencia de corta duración, es la aparición de un nivel de interferencia superior al margen de desvanecimiento del enlace, cualesquiera que sean las condiciones de propagación.

La definición de criterios de corta duración está, por consiguiente, ligada a los valores del margen de desvanecimiento (o del margen de desvanecimiento neto cuando haya CAPT<sup>1</sup>) y del EPO atribuido a la interferencia de corta duración, según se define en el Cuadro 1, suponiendo que el margen de desvanecimiento está atribuido a los criterios de corta duración.

#### 3.2 Márgenes de desvanecimiento del servicio fijo

Dado que las longitudes del enlace son probablemente cortas, en las bandas de 38 GHz y 40 GHz un margen de 14 dB se considera representativo de los enlaces convencionales puesto que se supone que la mayoría de tales enlaces tienen un margen de desvanecimiento (o un margen de desvanecimiento neto<sup>1</sup>) mayor que este valor. Cabe observar que este margen de desvanecimiento de 14 dB, cuando se trate de sistemas que utilicen CAPT, corresponde a un enlace con margen más elevado (por ejemplo, 14 dB de margen de desvanecimiento neto +10 dB de gama de CAPT).

Por otro lado, cabe asimismo observar que en ciertas aplicaciones BWA se utiliza un margen de desvanecimiento de 10 dB para algunos enlaces cortos y que, por consiguiente, esos enlaces podrían requerir un valor  $I/N$  menor.

Para ayudar a tener en cuenta estos márgenes, en el Cuadro que figura en el Apéndice 1 al Anexo 1, basado en la Recomendación UIT-R P.530, se facilita el margen debido a la lluvia necesario para tener una disponibilidad del 99,999% en longitudes de enlace mayores de 1,6 km y para cinco diferentes intensidades de lluvia, tanto con polarización vertical como horizontal.

Ahora bien, cabe observar que el margen de desvanecimiento debido a la lluvia de 14 dB o de 10 dB en estas bandas de 37 GHz y 40 GHz se justifican mediante los cálculos que se describen en la Recomendación UIT-R P.530, en la cual no se facilitan valores del margen de desvanecimiento

<sup>1</sup> Para los enlaces del servicio fijo que utilizan CAPT, margen de desvanecimiento neto = margen de desvanecimiento total – gama de CAPT.



con respecto a una unidad de características de error, sino que se proporcionan valores absolutos de la atenuación (desvanecimiento debido a la lluvia) para un determinado porcentaje de tiempo.

Además, según la Recomendación UIT-R F.1498, en los enlaces diseñados para tener una disponibilidad del 99,999%, y en especial los sistemas BWA los cuales se supone que pueden competir con la fibra óptica, el margen de desvanecimiento puede referirse a una proporción de bits erróneos (BER) de  $10^{-6}$  o un nivel de segundo con muchos errores (SES). Se acordó que el nivel SES sea el de referencia para el margen de desvanecimiento. Asimismo se acordó que en el diseño de enlaces del servicio fijo deben tenerse en cuenta 1,0 dB adicionales debido a la interferencia causada por el servicio fijo, razón por la cual la potencia de ruido de referencia es 1,0 dB mayor que la potencia de ruido del sistema.

Además, también se tuvo en cuenta que, por razones técnicas (mínima potencia factible, tamaños de antena disponibles, potencia de transmisión fija para estaciones centrales, ...) los enlaces del servicio fijo en las bandas de 38 GHz y 40 GHz, y en especial los sistemas punto a multipunto, pueden presentar un «margen de diseño suplementario» comparado con el margen debido a la lluvia. En los enlaces punto a punto, el valor mínimo de este «margen de diseño suplementario» depende del nivel de granularidad de la configuración de potencia, de los posibles atenuadores y de la ganancia de la antena que permitiría al diseñador del servicio fijo ajustar el nivel del receptor lo más posible al nivel teórico. Aunque no se ha tenido en cuenta en la definición del margen total de referencia del enlace del servicio fijo, se ha decidido considerarlo como un factor de seguridad en la deducción de los criterios de protección.

Como se hace referencia a los EPO en las definiciones que figuran en las Recomendaciones UIT-T G.826 y UIT-T G.828, es necesario extrapolar el margen de desvanecimiento correspondiente a los niveles de segundo con errores (ES) y SES. Basándose en las suposiciones acordadas, los márgenes de desvanecimiento para ES y SES son, respectivamente, 3 dB menor y 1 dB mayor que el margen de desvanecimiento que toma un nivel de BER de  $10^{-6}$  como referencia, el cual es 2 dB menor que el margen de desvanecimiento referido al nivel de BER de  $10^{-3}$ . En el Cuadro 2 se muestran los diferentes valores de los márgenes de desvanecimiento, los cuales junto con los correspondientes valores de EPO permiten definir dos criterios de corta duración para el servicio fijo en las bandas.

CUADRO 2

	Margen debido a la lluvia de 14 dB (dB)	Margen debido a la lluvia de 10 dB (dB)	EPO asociado
ES (Rec. UIT-T G.826)	10	6	$4,8 \times 10^{-4}$
ES (Rec. UIT-T G.828)	10	6	$1,3 \times 10^{-4}$
BER de $10^{-6}$	13	9	
SES	14	10	$1,3 \times 10^{-5}$
BER de $10^{-3}$	15	11	

Como generalmente la forma de las distribuciones de interferencia calculadas muestran que cuando se satisfacen los criterios para ES, también se satisfacen para SES, se ha decidido conservar únicamente los criterios basados en ES en aras de la simplificación.

Supóngase que  $M_{SES}$  es el margen de desvanecimiento para el cual la relación  $C/N + I$  es igual al umbral de calidad  $T_{SES}$  para SES. Cuando se diseña un enlace para que satisfaga un umbral de calidad durante un determinado porcentaje de tiempo, se utiliza la Recomendación UIT-R P.530 a fin de determinar el margen de desvanecimiento requerido de la misma manera que se hizo para

calcular los márgenes del Cuadro 2. Con objeto de tener en cuenta la parte que corresponde a la interferencia, el enlace se diseña para una potencia de señal sin desvanecimiento,  $C_0$ , de manera que

$$T_{SES} = C_0 - M_{SES} - N \quad (1)$$

donde  $N$  es la suma en el receptor del ruido del sistema del servicio fijo y el aumento correspondiente a la parte de interferencia dentro del servicio fijo. Llamando  $N_0$  al ruido total del sistema ( $k T B F$ ),  $N = N_0 + 1$  dB.

De manera más general, el ruido total incluida la interferencia causada por otros servicios también a título primario se puede expresar del siguiente modo

$$N_{tot} = N + 10 \log (1 + 10^{(I/N)/10}) \quad \text{dB} \quad (2)$$

La relación interferencia admisible de corta duración/ruido es el valor más elevado que no genera ES en ausencia de desvanecimiento. De conformidad con el Cuadro 1, la relación  $C/N + I$  para ES,  $T_{ES}$ , es 4 dB mayor que para SES. Así pues,  $T_{ES} = T_{SES} + 4 = C_0 - N$ . Sustituyendo las ecuaciones (1) y (2) en esta expresión y sabiendo que  $M_{SES} - 4$  es el margen de desvanecimiento para ES se llega a la siguiente expresión para la relación  $I/N$  (dB):

$$I/N = 10 \log (10^{M_{ES}/10} - 1) \quad (3)$$

Sustituyendo en la ecuación (3) los márgenes de desvanecimiento considerados del Cuadro 2 para ES, 10 dB y 6 dB, los valores de  $I/N$  son, respectivamente, 9,54 dB y 4,74 dB. En el Cuadro 3 se muestran estos valores con el EPO asociado del Cuadro 2. Los valores de  $I/N$  se han redondeado por exceso a un valor entero de dB.

De acuerdo con esto, los criterios de corta duración propuestos que se habrán de utilizar en las bandas de 38 GHz y 40 GHz se muestran en el Cuadro 3 y se han definido asociando el EPO de ES (véase el Cuadro 1) y el valor correspondiente del margen de desvanecimiento según se define en el Cuadro 2.

CUADRO 3

	<b><math>I/N</math> (dB)</b>	<b>Porcentaje de tiempo que no se ha de superar</b>
Criterio 1	10	0,05%
Criterio 2 <sup>(1)</sup>	10	0,013%
Criterio 1 para sistemas con pequeño margen de desvanecimiento neto	5	0,05%
Criterio 2 <sup>(1)</sup> para sistemas con pequeño margen de desvanecimiento neto	5	0,013%

<sup>(1)</sup> El criterio 2 se aplica a los enlaces diseñados para ser conformes con la Recomendación UIT-T G.828.

#### 4 Criterios para interferencia de larga duración

El criterio de larga duración especificado en la Recomendación UIT-R F.758 que se utilizará para la banda de 38 GHz es  $I/N = -10$  dB, el cual no deberá superarse durante más del 20% del tiempo.

Como se supone que se utilizarán aplicaciones del servicio fijo similares en la banda de 40 GHz, en ella se aplicarán los mismos criterios de larga duración.



## 5 Nivel de ruido de referencia

En los criterios de corta y larga duración especificados en los § 3 y 4, para los niveles  $I/N$  se toma como referencia el nivel de ruido total del servicio fijo, que incluye el ruido del sistema del servicio fijo y 1 dB adicional que se añade para tener en cuenta la interferencia dentro del servicio. Es decir,  $N = 10 \log(k T B F) + 1$  dB.

### Apéndice 1 al Anexo 1

#### Márgenes de desvanecimiento debido a la lluvia para una disponibilidad del 99,999%

Longitud del enlace (km)	Margen de desvanecimiento en 39,3 GHz, Polarización horizontal (dB)					Margen de desvanecimiento en 39,3 GHz, Polarización vertical (dB)				
	Intensidad de la lluvia (mm/h) (Zona)					Intensidad de la lluvia (mm/h) (Zona)				
	12 (B)	22 (E)	42 (K)	63 (M)	95 (N)	12 (B)	22 (E)	42 (K)	63 (M)	95 <sup>(1)</sup> (N)
0,1	0,8	1,3	2,5	3,6	5,2	0,6	1,1	2,1	3	3,0
0,2	1,5	2,7	4,9	7,1	16,4	1,3	2,3	4,2	6	5,9
0,3	2,2	4	7,3	10,6	15,4	1,9	3,4	6,2	9	8,8
0,4	3	5,3	9,6	14	20,3	2,6	4,5	8,2	11,9	11,6
0,5	3,7	6,5	12	17,4	25,1	3,2	5,6	10,2	14,7	14,3
0,6	4,4	7,8	14,3	20,7	29,8	3,8	6,7	12,2	17,6	17,0
0,7	5,2	9,1	16,6	24	34,3	4,5	7,8	14,2	20,3	19,6
0,8	5,9	10,4	18,9	27,2	38,8	5,1	8,9	16,1	23	22,2
0,9	6,6	11,6	21	30,4	43,2	5,7	10,0	18,0	25,8	24,7
1,0	7,3	12,8	23,3	33,6	47,5	6,3	11,0	19,9	28,5	27,1
1,1	8	14,1	25,5	36,7	51,7	6,9	12,1	21,8	31	29,5
1,2	8,7	15,3	27,7	39,8	55,8	7,5	13,1	23,7	33,7	31,9
1,3	9,4	16,5	29,9	42,8	59,8	8,1	14,2	25,5	36,2	34,1
1,4	10,1	17,7	32	45,8	63,8	8,7	15,2	27,3	38,8	36,4
1,5	10,8	18,9	34,1	48,7	67,6	9,3	16,2	29,1	41,3	38,6
1,6	11,4	20,1	36,2	51,6	71,4	9,9	17,3	30,9	43,7	40,8

<sup>(1)</sup> Los márgenes de desvanecimiento en el caso de una intensidad de la lluvia de 95 mm/h con polarización vertical se han calculado suponiendo que la latitud es inferior a 30° (lo cual repercute en el cálculo según la Recomendación UIT-R P.530).