

RECOMENDACIÓN UIT-R SA.1163-2

CRITERIOS DE INTERFERENCIA PARA LOS ENLACES DE SERVICIO EN LOS SISTEMAS DE RECOGIDA DE DATOS DE LOS SERVICIOS DE EXPLORACIÓN DE LA TIERRA POR SATÉLITE Y DE METEOROLOGÍA POR SATÉLITE

(Cuestión UIT-R 142/7)

(1995-1997-1999)

La Asamblea de Radiocomunicaciones de la UIT,

considerando

- a) que el sistema ficticio de referencia señalado en la Recomendación UIT-R SA.1020 define enlaces para recogida de datos e interrogación de plataforma de recogida de datos;
- b) que es necesario establecer criterios de interferencia para asegurar que pueden diseñarse sistemas con calidad de funcionamiento adecuada en presencia de interferencia;
- c) que los criterios de interferencia pueden determinarse utilizando la metodología descrita en la Recomendación UIT-R SA.1022 y los objetivos de calidad de funcionamiento indicados en la Recomendación UIT-R SA.1162;
- d) que los criterios de interferencia ayudan a elaborar criterios para la compartición de bandas entre los sistemas, incluyendo los que funcionan con otros servicios;
- e) que los sistemas del servicio de exploración de la Tierra por satélite (incluido el servicio de meteorología por satélite) deben aceptar un umbral de interferencia al menos tan elevado como el umbral de interferencia admisible;
- f) que en el Anexo 1 figuran los parámetros de los sistemas representativos que proporcionan la base para los niveles admisibles de interferencia en las transmisiones correspondientes del servicio de exploración de la Tierra por satélite,

recomienda

- 1** que se utilicen los niveles de interferencia indicados en el Cuadro 1 como niveles de potencia total admisible de la señal interferente a la salida de antena de las estaciones que funcionan en los servicios de exploración de la Tierra por satélite y de meteorología por satélite.

CUADRO 1

Criterios de interferencia para los enlaces de servicio de las estaciones de los servicios de exploración de la Tierra por satélite y de meteorología por satélite

Banda de frecuencias (MHz)	Función y tipo de estación terrena	Estación sometida a interferencia	Potencia de la señal interferente (dBW) en la anchura de banda de referencia que no debe rebasarse más del 20% del tiempo	Potencia de la señal interferente (dBW) en la anchura de banda de referencia que no debe rebasarse más del $p\%$ del tiempo
401-403 Tierra-espacio	Recogida de datos en la órbita del satélite no geoestacionario (no OSG), antena de baja ganancia	Estación espacial	-178,8 dBW por 1 600 Hz ⁽¹⁾	-174,7 dBW por 1 600 Hz ⁽¹⁾ $p = 0,1$
137-138 espacio-Tierra	Recogida de datos en la no OSG, estación de telemando y adquisición de datos (TAD)	Estación terrena	-158,3 dBW por 8,32 kHz ⁽¹⁾	-151,1 dBW por 8,32 kHz ⁽¹⁾ $p = 0,1$
401-403 Tierra-espacio	Recogida de datos en la OSG, antena de baja ganancia	Estación espacial	-187,4 dBW por 100 Hz ⁽²⁾	-173,4 dBW por 100 Hz ⁽³⁾ $p = 0,1$
1 670-1 690 espacio-Tierra	Recogida de datos en la OSG, estación de TAD	Estación terrena	-194,0 dBW por 100 Hz ⁽²⁾	-181,5 dBW por 100 Hz ⁽³⁾ $p = 0,025$

CUADRO 1 (Fin)

Banda de frecuencias (MHz)	Función y tipo de estación terrena	Estación sometida a interferencia	Potencia de la señal interferente (dBW) en la anchura de banda de referencia que no debe rebasarse más del 20% del tiempo	Potencia de la señal interferente (dBW) en la anchura de banda de referencia que no debe rebasarse más del $p\%$ del tiempo
2025-2 110 Tierra- espacio	Recogida de datos en la OSG, estación de TAD	Estación espacial	-188,9 dBW por 100 Hz ⁽²⁾	-183,7 dBW por 100 Hz ⁽³⁾ $p = 0,025$
460-470 espacio-Tierra	Interrogación de plataformas de recogida de datos en la OSG	Estación terrena	-187,3 dBW por 100 Hz ⁽²⁾	-182,1 dBW por 100 Hz ⁽³⁾ $p = 0,1$

- (1) La potencia de la señal interferente (dBW) en la anchura de banda de referencia se da para una recepción con ángulos de elevación $> 5^\circ$.
- (2) La potencia de la señal interferente (dBW) en la anchura de banda de referencia se da para una recepción con ángulos de elevación $> 3^\circ$.
- (3) La potencia de la señal interferente (dBW) en la anchura de banda de referencia se da para una recepción con ángulos de elevación $> 0^\circ$.

NOTA 1 – El nivel de potencia total de la señal interferente que no debe rebasarse durante más del $x\%$ del tiempo, siendo x menor del 20% pero mayor que el porcentaje de tiempo a corto plazo especificado ($p\%$ del tiempo), puede determinarse por interpolación entre los valores especificados utilizando una escala logarítmica (de base 10) para el porcentaje de tiempo y una escala lineal para la densidad de potencia de la señal interferente (dB).

NOTA 2 – Aunque los criterios de interferencia se basan en los sistemas descritos en el Anexo 1, dichos criterios se aplican a todos los sistemas que funcionan en las bandas de frecuencias consideradas y que proporcionan las funciones de servicio especificadas.

NOTA 3 – Los criterios de interferencia se especifican con respecto al porcentaje de tiempo de recepción por la estación terrena. En consecuencia, las estadísticas de calidad de funcionamiento del receptor relativas a la recepción procedente de un satélite en particular (es decir, la distribución acumulativa de la proporción de bits erróneos (BER)) son las mismas que las estadísticas de recepción procedente de diversos satélites similares. El tiempo total de recepción incluye los periodos de tiempo asociados a la adquisición inicial de la señal (es decir, antes y durante la ascensión local del satélite), a la sincronización del receptor a los datos y a la recepción sincronizada de datos. Por lo tanto, como el tiempo necesario para la adquisición inicial de la señal y la sincronización puede ser de varias decenas de segundos dentro del tiempo total de los periodos de visibilidad del satélite, que por término medio duran 9 min. Sin embargo, los análisis de la calidad de funcionamiento a corto plazo que presenta el Anexo 1 (es decir, la calidad de funcionamiento rebasada durante todo el tiempo, salvo un pequeño porcentaje de tiempo p , $p \leq 1\%$) suponen que el satélite tiene el ángulo de elevación mínimo correspondiente al objetivo de calidad de funcionamiento aplicable. Con esto se obtiene la calidad de funcionamiento BER rebasada durante todo el tiempo salvo el $p\%$ del mismo, puesto que E_b/N_0 y BER están relacionadas de forma monótona con el ángulo de elevación.

NOTA 4 – El ángulo de elevación rebasado durante todo el tiempo salvo el 20% durante la recepción, se aproxima adecuadamente mediante el ángulo rebasado durante todo el tiempo salvo el 20% en que el satélite es visible por encima del ángulo de elevación mínimo especificado en el objetivo de calidad de funcionamiento. Se hace esta aproximación en los análisis de calidad de funcionamiento que figuran en el Anexo 1 porque el error de tiempo acumulativo subyacente no puede rebasar el 1% (es decir, el $p\%$ del tiempo) y el error total asociado a la ganancia de antena del satélite, a las pérdidas en el espacio libre, a las pérdidas en el trayecto por exceso y a los valores de los parámetros de la estación terrena, es despreciable. Con el ángulo de elevación resultante rebasado durante todo el tiempo salvo el 20% del tiempo de recepción se obtiene la calidad de funcionamiento BER rebasada durante todo el tiempo salvo el 20%, porque E_b/N_0 y BER están relacionadas de forma monótona con el ángulo de elevación.

NOTA 5 – En el próximo futuro se dispondrá de interrogación de plataformas de recogida de datos desde satélites no OSG.

ANEXO 1

Bases para establecer los criterios de interferencia

1 Introducción

Este Anexo presenta los parámetros utilizados como datos para metodología descrita en la Recomendación UIT-R SA.1022 con objeto de determinar los criterios de interferencia.

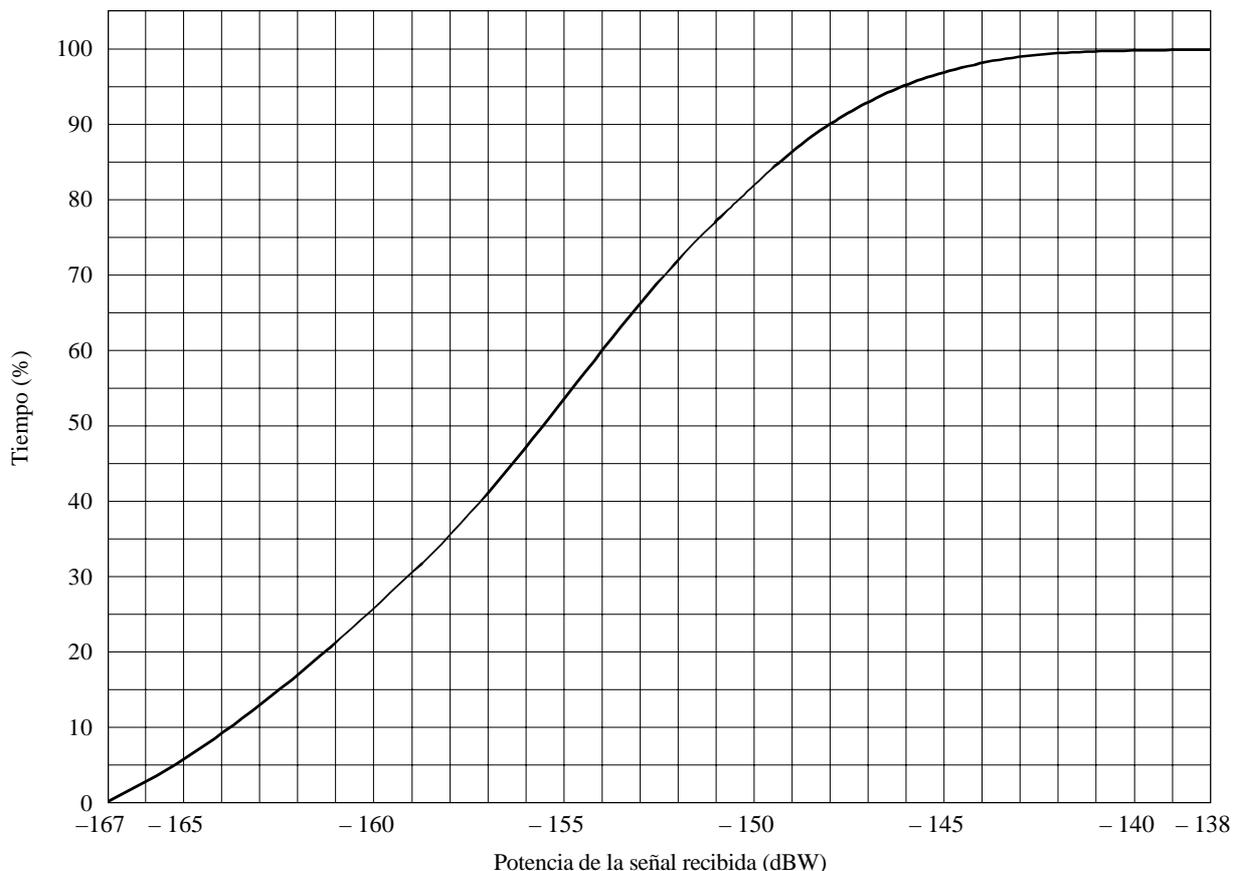
2 Servicio de meteorología por satélite en la banda 401-403 MHz para enlace ascendente

2.1 Criterios de interferencia para el sistema ARGOS

El enlace ascendente del sistema de recogida de datos (DCS) de ARGOS (véase la Fig. 2) transmite señales con modulación por desplazamiento de fase (MDP), codificación Manchester y división de fase mediante satélites en órbita terrestre baja y funciona con una velocidad de transmisión de datos de 400 bit/s. La plataforma de recogida de datos (PRD) utiliza normalmente una antena de baja ganancia (un máximo de 5 dBi para un ángulo de elevación de 20°) y puede ser una plataforma fija o móvil.

El procesador del satélite DCS regenera los datos DCS del enlace ascendente, multiplexa los datos con otros datos de teledatada, y transmite los datos digitales a tierra en la banda 137-138 MHz. Debido a la regeneración de los datos DCS en el satélite, la calidad del enlace descendente puede ser separada de la calidad del enlace ascendente al derivar los criterios de interferencia. La Fig. 1 proporciona las estadísticas de la potencia DCS del enlace ascendente de ARGOS medida en el receptor del satélite. El Cuadro 2 proporciona las bases para desarrollar los criterios de interferencia de ARGOS.

FIGURA 1
Enlace ascendente del DCS de ARGOS (mediciones)



CUADRO 2

Calidad de funcionamiento del sistema utilizada como base para los criterios de interferencia del DCS cuando se utilizan satélites de órbita terrestre baja

Parámetro	Valor	Notas
Potencia recibida del enlace ascendente (0,1%) a corto plazo	-167 dBW	De la Fig. 1
Potencia recibida del enlace ascendente (20%) a largo plazo	-161 dBW	De la Fig. 1
Temperatura de ruido del enlace ascendente	600 K	
C/N_0 del enlace ascendente a corto plazo	33,8 dB/Hz	
C/N_0 del enlace ascendente a largo plazo	39,8 dB/Hz	
Velocidad de datos	400 bit/s	
C/N_0 requerida del enlace ascendente	38,8 dB/Hz	BER = 1×10^{-5} Pérdida de instalación = 2 dB Pérdida de modulación = 1,0 dB
Margen del enlace ascendente a corto plazo	-5,0 dB	
Margen del enlace ascendente a largo plazo	1,0 dB	
Criterio de interferencia del enlace ascendente a largo plazo	-178,8 dB(W/1,6 kHz)	$q = 1/3$, $M_{\min} = 1,2$ dB
Criterio de interferencia del enlace ascendente a corto plazo	-174,7 dB(W/1,6 kHz)	$q = 1$, $M_{\min} = 1,0$ dB
p.i.r.e. del enlace descendente	-17,5 dBW	
Pérdida del enlace descendente	145,8 dB	
G/T del enlace descendente	-5,6 dB(K ⁻¹)	
C/N_0 del enlace descendente	59,7 dB/Hz	
Velocidad de datos	8,32 kbit/s	
C/N_0 requerida del enlace descendente	53,4 dB/Hz	BER = 1×10^{-6} Pérdida de instalación = 3 dB Pérdida de modulación = 0,7
Margen del enlace descendente	6,3 dB	
Densidad de potencia de ruido	-195,4 dB(W/Hz)	
Criterio de interferencia del enlace descendente a largo plazo	-158,3 dB(W/8,32 kHz)	$q = 1/3$
Criterio de interferencia del enlace descendente a corto plazo	-151,1 dB(W/8,32 kHz)	$q = 1$

2.2 Interferencia a los enlaces del canal de recepción de PRD de GOES

Las PRD en el DCS de GOES transmiten señales MDP-2 con codificación Manchester (informes PRD) en la banda 401-403 MHz al satélite GOES a una velocidad de datos de 100 bit/s. El satélite retransmite estos informes PRD a la estación de TAD en la banda 1 670-1 690 MHz. El transpondedor del satélite, que tiene una disposición de canales adecuada para acomodar varios centenares de transmisiones informes PRD simultáneas, tiene un control automático de ganancia (CAG) que mantiene constante la p.i.r.e. de informes PRD con independencia de la potencia de entrada del transpondedor. Como los datos de informes PRD no son regenerados en el satélite, las señales de informes PRD deben compartir esta potencia fija del enlace descendente con señales interferentes que entran al transpondedor del satélite en la banda de 401-403 MHz. Además, las señales interferentes transmitidas directamente a la estación TAD en la banda 1 670-1 690 MHz afectarán aún más la calidad de funcionamiento de informes PRD.

La potencia de señal recibida en la estación de TAD de PRD a través del satélite GOES es:

$$C = E_1 G_1 G_S G_2 / L_1 L_2$$

donde:

- E_1 : p.i.r.e. de la PRD
- G_1 : ganancia de la antena receptora del satélite
- G_2 : ganancia de la antena receptora de la estación TAD
- L_1 y L_2 : pérdidas de los enlaces ascendente y descendente
- G_S : ganancia del satélite (excluida la antena receptora del satélite).

La densidad de potencia de ruido y la densidad de potencia de interferencia en la entrada al receptor de la estación TAD son, respectivamente:

$$N_0 = k \left(T_1 \frac{G_S G_2}{L_2} + T_2 \right)$$

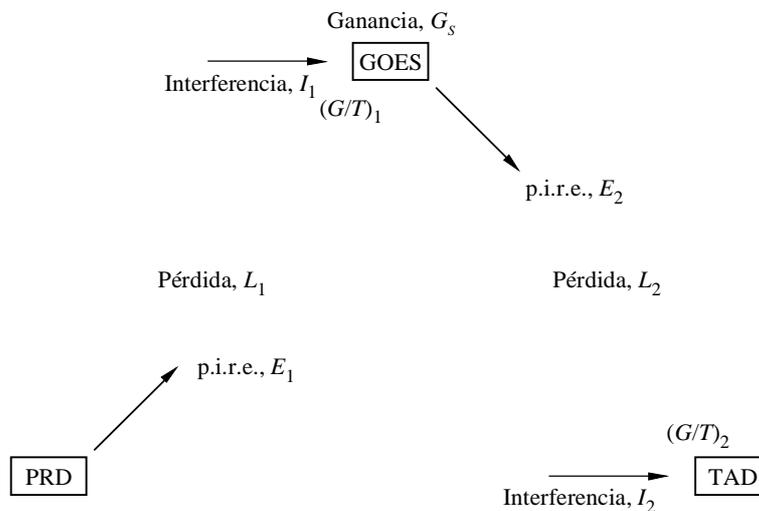
$$I_0 = I_{01} \frac{G_S G_2}{L_2} + I_{02}$$

donde:

- T_1 y T_2 : temperaturas de ruido del sistema del satélite y de la estación
- I_{01} y I_{02} : densidades de potencia de interferencia transmitidas al satélite y a la estación TAD
- k : constante de Boltzmann.

La Fig. 2 ilustra estos parámetros.

FIGURA 2
Parámetros del enlace IPRD de GOES



A partir de estas ecuaciones se puede determinar la relación portadora/ruido más la densidad de interferencia a la entrada del receptor de la estación:

$$\frac{C}{N_0 + I_0} = \frac{E_1 (G/T)_1 / k L_1}{1 + \frac{I_{01}}{k T_1} + \frac{L_2}{T_1 G_S (G/T)_2} \left(1 + \frac{I_{02}}{k T_2}\right)}$$

Como la p.i.r.e., E_2 , del satélite es mantenida constante por el CAG, G_S varía en función de la potencia de entrada del transpondedor, como sigue:

$$G_S = \frac{E_2}{\frac{P G_1}{L_1} + k T_1 B + I_{01} B}$$

donde el denominador es la potencia de entrada del transpondedor. P es la suma de las p.i.r.e. de la PRD que acceden al transpondedor del satélite, y B es la anchura de banda del transpondedor. Para no tener que considerar una variedad de posibles posiciones de PRD, se supone que G_1/L_1 es igual para todos los enlaces de informes PRD. Se supondrá que la asignación de interferencia en el receptor de la estación es tal que una fracción de p es recibida a través del satélite y una fracción de $1 - p$ es transmitida directamente a la estación TAD. Entonces:

$$I_{02} = \frac{1-p}{p} \frac{I_{01} G_S G_2}{L_2}$$

De acuerdo con la Recomendación UIT-R SA.1022, la relación portadora/ruido más la densidad de interferencia se puede expresar como:

$$\frac{C}{N_0 + I_0} = M^{-q} \frac{C}{N_0}$$

donde M es el margen libre de interferencia, y q es la fracción del margen libre de interferencia que puede ser consumida por la interferencia. Según las ecuaciones anteriores:

$$\frac{C}{N_0} = \frac{E_1 (G/T)_1 / k L_1}{1 + \frac{L_2}{E_2 (G/T)_2} \left[\frac{P}{L_1} (G/T)_1 + k B \right]}$$

es la relación de densidad portadora/ruido libre de interferencia, y:

$$M^q = 1 + \frac{\frac{I_{01}}{k T_1} \left[\frac{1}{p} + \frac{L_2 k B}{E_2 (G/T)_2} \right]}{1 + \frac{L_2}{E_2 (G/T)_2} \left[\frac{P (G/T)_1}{L_1} + k B \right]}$$

es el factor por el cual la interferencia degrada C/N_0 . Por tanto, la densidad de interferencia admisible a la entrada del receptor del satélite es $I_{01} = k T_1 Q_1$, donde:

$$Q_1 = (M^q - 1) \frac{1 + \frac{L_2}{E_2 (G/T)_2} \left[\frac{P (G/T)_1}{L_1} + k B \right]}{\frac{1}{p} + \frac{L_2 k B}{E_2 (G/T)_2}} \quad \text{para } M > M_{\min}$$

donde M_{\min} es el margen más pequeño libre de interferencia para el cual sólo una fracción q del margen es consumida por la interferencia. Correspondientemente, la densidad de interferencia admisible transmitida directamente al receptor de la estación TAD en la banda 1 690-1 700 MHz es $I_{02} = k T_2 Q_2$, donde:

$$Q_2 = \frac{1-p}{p} Q_1 \frac{E_2 (G/T)_2 / L_2}{\frac{P (G/T)_1}{L_1} + k B (1 + Q_1)} \quad \text{para } M > M_{\min}$$

Las PRD asignadas a un canal IPRD dado comparten en el tiempo ese canal, cuya anchura de banda es 1,5 kHz. Las mediciones efectuadas de la p.i.r.e. de PRD en un canal IPRD de GOES durante un periodo de 24 h han proporcionado las estadísticas resumidas en el Cuadro 3. Suponiendo que todas las PRD asignadas a un canal dado comparten en el tiempo equitativamente el canal, estos datos muestran que durante el 20% del tiempo la p.i.r.e. será 11 dBW o menos, y que durante el 0,1% del tiempo la p.i.r.e. será 5 dBW o menos. Por consiguiente, la interferencia admisible a largo plazo se basará en una p.i.r.e. a corto plazo de 5 dBW, y la interferencia admisible a corto plazo se basará en una p.i.r.e. a largo plazo de 11 dBW.

CUADRO 3

Estadísticas de la p.i.r.e. de PRD

p.i.r.e. de una sola PRD en el canal (dBW)	Número de PRD que tienen esta p.i.r.e. en el canal	Número de PRD que tienen esta p.i.r.e o menos
4	0	0
5	3	3
6	1	4
7	4	8
8	0	8
9	5	13
10	17	30
11	12	42
12	12	54
13	16	70
14	28	98
15	36	134
16	46	180
17	34	214
18	5	219
19	1	220
20	0	220

El Cuadro 4 muestra los valores de los parámetros del enlace supuestos en el cálculo de las densidades de interferencia admisible, I_{01} e I_{02} . Para determinar la p.i.r.e. total de PRD, se debe postular el número de canales de informes PRD ocupados simultáneamente. Suponiendo una p.i.r.e. media de PRD de 15 dBW, y suponiendo que 100 canales de informes PRD están activos simultáneamente, la suma P de las p.i.r.e. de PRD será 35 dBW. Se ha de suponer también que la asignación de interferencia en el receptor de la estación se divide 50-50 entre la recibida a través del satélite y la

transmitida directamente al receptor de la estación, de modo que $p = 1/2$. Por último, se ha de suponer que $q = 1/3$ y $M_{min} = 1,2$ dB para la interferencia a largo plazo y que $q = 1$ y $M_{min} = 1,2$ dB para la interferencia a corto plazo. Después, sustituyendo con los valores del Cuadro 4 las ecuaciones indicadas anteriormente para las densidades de interferencia, se halla que los criterios de interferencia para el servicio de informes PRD de GOES son:

$$I_{01} \text{ (largo plazo)} = -207,4 \text{ dB(W/Hz)}, \text{ o } -187,4 \text{ dB(W/100 Hz)}$$

$$I_{01} \text{ (corto plazo)} = -193,4 \text{ dB(W/Hz)}, \text{ o } -173,4 \text{ dB(W/100 Hz)}$$

$$I_{02} \text{ (largo plazo)} = -214,0 \text{ dB(W/Hz)}, \text{ o } -194,0 \text{ dB(W/100 Hz)}$$

$$I_{02} \text{ (corto plazo)} = -201,5 \text{ dB(W/Hz)}, \text{ o } -181,5 \text{ dB(W/100 Hz)}$$

CUADRO 4

Parámetros del enlace de informes PRD

Parámetro	Valor	Notas
E_1 (corto plazo)	5 dBW	De las estadísticas de p.i.r.e. medidas
E_1 (largo plazo)	11 dBW	De las estadísticas de p.i.r.e. medidas
P	35 dBW	100 canales DCS
L_1	177,1 dB	Pérdidas en el espacio libre y por polarización
$(G/T)_1$	-18,0 dB(K ⁻¹)	
B	400 kHz	
E_2	3,7 dBW	
L_2	190,1 dB	Pérdidas en el espacio libre, por polarización y de puntería
$(G/T)_2$	26,0 dB(K ⁻¹)	
T_1	395 K	
T_2	100 K	
Velocidad de datos	100 bit/s	
$(C/N_0)_{requerida}$	31,6 dB/Hz	BER = 1×10^{-4} Pérdida de instalación = 2 dB Pérdida de modulación = 1,2 dB

3 Servicio de meteorología por satélite en la banda 460-470 MHz para enlace descendente

Los satélites OSG retransmiten las interrogaciones PRD de la estación TAD en la banda 2025-2110 MHz a las PRD en la banda 460-470 MHz utilizando modulación MDP-2. El transpondedor del satélite es un limitador duro que mantiene constante la p.i.r.e. de las interrogaciones PRD. Por consiguiente, el enlace descendente debe compartir su potencia fija con señales interferentes que entran en el transpondedor en la banda 2025-2110 MHz. Las señales interferentes transmitidas directamente al receptor PRD en la banda 460-470 MHz afectarán aún más la calidad de funcionamiento de las interrogaciones PRD.

3.1 Interferencia a los enlaces de interrogaciones PRD de GOES

Aunque el transpondedor del satélite de interrogaciones PRD tiene una limitación más bien dura que lineal, la compartición de potencia del enlace descendente es muy parecida a la del transpondedor de informes PRD. Las ecuaciones indicadas anteriormente para el servicio de informes PRD se aplican también al servicio de interrogaciones PRD, a condición de que se desprecien los efectos de intermodulación y la supresión de pequeñas señales causada por la limitación. El Cuadro 5 muestra los valores de los parámetros del enlace supuestos para el servicio de interrogaciones PRD. Al igual que en el servicio de informes PRD, se ha de suponer que $q = 1/3$ para la interferencia a largo plazo y que $q = 1$ para la interferencia a corto plazo. Se ha de suponer también que $p = 1/2$ y que $M_{\min} = 1,2$ dB. Después, sustituyendo con los valores del Cuadro 5 las ecuaciones indicadas anteriormente para las densidades de interferencia, se halla que los criterios de interferencia para las interrogaciones PRD son:

$$I_{01} \text{ (largo plazo)} = -186,4 \text{ dB(W/100 Hz)}$$

$$I_{01} \text{ (corto plazo)} = -180,5 \text{ dB(W/100 Hz)}$$

$$I_{02} \text{ (largo plazo)} = -201,8 \text{ dB(W/100 Hz)}$$

$$I_{02} \text{ (corto plazo)} = -197,9 \text{ dB(W/100 Hz)}$$

CUADRO 5

Parámetros del enlace de interrogaciones PRD

Parámetro	Valor	Notas
E_1	55,7 dBW	
P	55,7 dBW	Una señal de interrogaciones PRD
L_1	191,7 dB	Pérdidas en el espacio libre, por polarización y de puntería
$(G/T)_1$	-18,4 dB(K ⁻¹)	
B	200 kHz	
E_2	15,0 dBW	
L_2	178,5 dB	Pérdidas en el espacio libre, por polarización y de puntería
$(G/T)_2$	-29,3 dB(K ⁻¹)	
T_1	570 K	
T_2	1 338 K	
Velocidad de datos	100 bit/s	
$(C/N_0)_{requerida}$	33,0 dB/Hz	BER = 1×10^{-5} Pérdida de instalación = 2 dB Pérdida de modulación = 1,2 dB