

RECOMENDACIÓN UIT-R M.1454*, **, ***

LÍMITE DE LA DENSIDAD DE LA p.i.r.e. Y RESTRICCIONES OPERACIONALES PARA LAS RLAN** U OTROS TRANSMISORES DE ACCESO INALÁMBRICO A FIN DE ASEGURAR LA PROTECCIÓN DE LOS ENLACES DE CONEXIÓN DE LOS SISTEMAS NO GEOESTACIONARIOS DEL SERVICIO MÓVIL POR SATÉLITE QUE FUNCIONAN EN LA BANDA DE FRECUENCIAS 5 150-5 250 MHz**

(Cuestiones UIT-R 212/8, UIT-R 142/9 y UIT-R 284/4)

(2000)

Cometido

En esta Recomendación se propone el límite de la densidad media de la p.i.r.e. y las restricciones operacionales de las RLAN o de otros dispositivos transmisores de acceso inalámbrico a fin de asegurar la protección de los enlaces de conexión de los sistemas no geoestacionarios del servicio móvil por satélite que funcionan en la banda 5 150-5 250 MHz. Incluye la metodología y los parámetros utilizados en los estudios de compartición, y ofrece sugerencias para la aplicación de técnicas de reducción de la interferencia destinadas a reducir aún más la interferencia de las RLAN en los sistemas del SFS.

La Asamblea de Radiocomunicaciones de la UIT,

considerando

- a) que la banda 5 150-5 250 MHz está atribuida en todo el mundo al servicio fijo por satélite (SFS) (Tierra-espacio) para la utilización por los enlaces de conexión de los sistemas no geoestacionarios (no OSG) del SMS con carácter primario, sin restricciones temporales, según el número S5.447A del RR;
- b) que la banda 5 150-5 250 MHz está también atribuida en todo el mundo con carácter primario al servicio de radionavegación aeronáutica (SRNS) según el artículo S5 del RR;
- c) que la banda 5 150-5 216 MHz está atribuida al SFS (espacio-Tierra) según el número S5.447B del RR y según las disposiciones del número S9.11A del RR, para la utilización de los enlaces de conexión del SMS no OSG en todo el mundo;
- d) que la banda 5 150-5 216 MHz está también atribuida a los enlaces de conexión del servicio de radio-determinación por satélite (SRDS) (espacio-Tierra) en las condiciones del número S5.446 del RR;
- e) que la banda 5 150-5 250 MHz también está atribuida según el número S5.447 del RR al servicio móvil con carácter coprimario en 26 países de las Regiones 1 y 3 y está sujeta a coordinación según el número S9.21 del RR;
- f) que ciertas administraciones están considerando la introducción de las RLAN en la banda 5 150-5 250 MHz con carácter nacional y en régimen libre de licencia y de coordinación;
- g) que ciertas administraciones han considerado la posibilidad de designar bandas distintas de la de 5 150-5 250 MHz para las aplicaciones RLAN en la banda de 5 GHz, y lo siguen haciendo;
- h) que el despliegue a gran escala de transmisores RLAN y de otros transmisores portátiles de servicio inalámbrico en la banda 5 150-5 250 MHz puede dar lugar a niveles inaceptables de interferencia y a una reducción de la capacidad operativa de los receptores de satélite del SMS no OSG que explotan sus enlaces de conexión ascendentes en esta banda según el número S5.447A del RR y que por tanto, la compartición a medio y largo plazo puede no ser posible;
- j) que es necesario proteger distintos tipos de satélites, incluyendo los que se están desarrollando, mediante el empleo de diversos esquemas de modulación y de acceso (por ejemplo, acceso múltiple por división en el tiempo (AMDT) – acceso múltiple por división en frecuencia (AMDT) de banda estrecha y acceso múltiple por división de código (AMDC)-AMDF de banda ancha);

* Esta Recomendación fue realizada conjuntamente por las Comisiones de Estudio 4, 8 y 9 de Radiocomunicaciones, que también se ocuparán conjuntamente de cualquier futura revisión.

** Esta Recomendación debe señalarse a la atención de la Comisión de Estudio 3 de Radiocomunicaciones.

*** La Comisión de Estudio 5 de Radiocomunicaciones efectuó modificaciones de redacción en esta Recomendación en 2008, de conformidad con la Resolución UIT-R 44.

**** En esta Recomendación, RLAN significa red radioeléctrica de área local o cualquier otro dispositivo portátil o fijo que dé conectividad de red a nivel local (las redes alámbricas de área local (WLAN) u otras) (véase también las Recomendaciones UIT-R F.1244 y UIT-R M.1450).

- k) que es necesario proteger la utilización actual y a largo plazo de la banda 5 150-5 250 MHz por los enlaces de conexión del SMS no OSG (Tierra-espacio) según el número S5.447A del RR (por ejemplo, los sistemas de satélite no regenerativos y regenerativos);
- l) que es necesario especificar un límite adecuado de densidad de la p.i.r.e. y las restricciones operacionales para las RLAN y otros transmisores de acceso inalámbrico en esta banda, a fin de proteger los enlaces de conexión del SMS no OSG;
- m) que las RLAN se utilizan en entornos interiores y exteriores;
- n) que el exceso de pérdidas del trayecto que provoca el paso de un entorno de propagación en interiores a otro en exteriores redundante en beneficio de la compartición entre el SMS no OSG y las RLAN,

recomienda

- 1** que las administraciones aseguren que el límite de la densidad media de la p.i.r.e.* de las RLAN o de otros dispositivos transmisores de acceso inalámbrico que funcionan en la banda 5 150-5 250 MHz no sea superior a 10 mW en todo tramo de 1 MHz (o equivalentemente, superior a 0,04 mW en todo tramo de 4 kHz) por transmisor (véanse las Notas 1, 2 y 3);
- 2** que además, las administraciones adopten medidas para asegurar que las RLAN u otros transmisores de acceso inalámbrico funcionan en interiores en la banda 5 150-5 250 MHz;
- 3** que para la protección de los enlaces de conexión del SMS, el límite de la densidad de flujo de potencia (dfp) de la interferencia total de la RLAN observada en el receptor del satélite que la sufre, para satélites que utilizan antenas de cobertura total de la Tierra, no sea superior a los niveles de la dfp especificados en la Recomendación UIT-R S.1427 – Metodología y criterio para evaluar la interferencia producida por transmisores de redes radioeléctricas de área local (RLAN) en los enlaces de conexión del SMS no OSG en la banda de 5 150-5 250 MHz. Debe utilizarse como límite un nivel inferior de la dfp en el caso de las administraciones que adoptan medidas de protección en los enlaces de conexión del SMS no OSG contra la interferencia combinada RLAN (véanse las Notas 4 y 5);
- 4** que las administraciones consideren la aplicación de técnicas de reducción de la interferencia para continuar disminuyendo la causada a los sistemas del SFS por las RLAN (véase la Nota 6).

NOTA 1 – El Anexo 1 contiene una metodología y parámetros que se han utilizado en estudios de compartición.

NOTA 2 – Para un tipo particular de RLAN normalizada (es decir, la HIPERLAN tipo 1), el límite de la densidad de la p.i.r.e. del *recomienda* 1 debe aplicarse únicamente en la transmisión de la carga útil. Su nivel total de la p.i.r.e. debe limitarse a 200 μ W por dispositivo. La fecha provisional de validez de esta Nota llega hasta el 1 de enero de 2003.

NOTA 3 – Para portadoras RLAN con anchura de banda inferior a 1 MHz, la densidad de la p.i.r.e. no debe ser superior a 0,01 μ W/Hz en la anchura de banda de la portadora.

NOTA 4 – A título provisional, el nivel límite de la dfp debe ser 3 dB inferior al de la Recomendación UIT-R S.1427, pero se requieren nuevos estudios.

NOTA 5 – El criterio de la interferencia causada por las RLAN a los enlaces de conexión del SMS no OSG en esta banda viene dado en la Recomendación UIT-R S.1426 – Límites de densidad de flujo de potencia combinada en la órbita de los satélites del SFS para los transmisores de redes radioeléctricas de área local (RLAN) que funcionan en la banda 5 150-5 250 MHz y comparten frecuencias con el SFS (número S5.447A del RR).

NOTA 6 – Dos técnicas posibles de reducción de la interferencia son el control de potencia y la dispersión espectral.

* La potencia media se refiere aquí a la p.i.r.e. radiada durante la ráfaga de transmisión en el protocolo de control de potencia que corresponde a la potencia máxima, si se aplica el control de potencia.

ANEXO 1

Metodología y parámetros utilizados en los estudios de compartición**1 Introducción**

A fin de proteger los enlaces de conexión del SMS no OSG en la banda 5 150-5 250 MHz contra la interferencia producida por las RLAN, es necesario definir condiciones operacionales para la utilización de estas últimas en dicha banda. Estas condiciones se derivan de un análisis de compartición basado en las consideraciones siguientes:

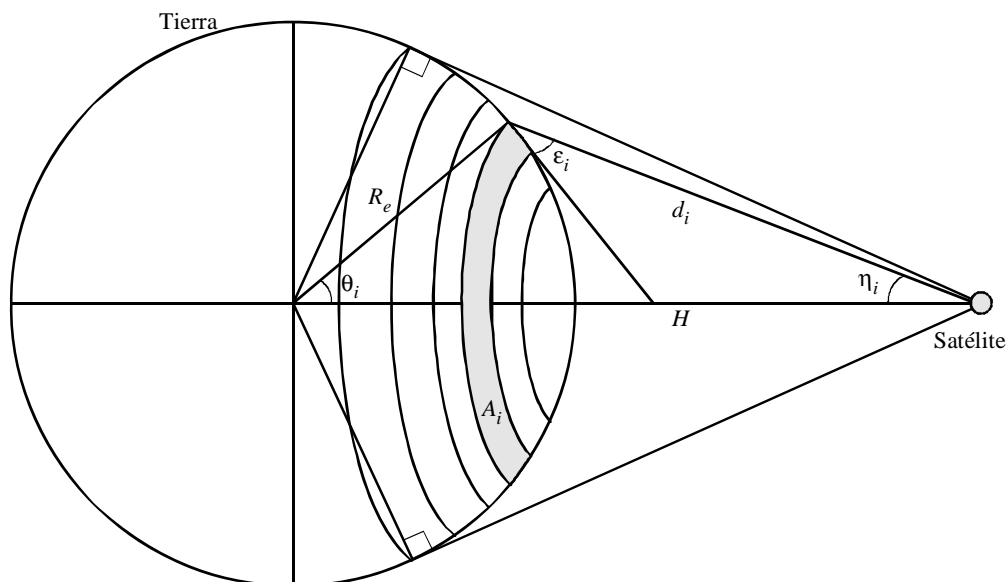
- Los criterios necesarios para proteger los enlaces de conexión del SMS no OSG.
- Las características de recepción de los satélites del SMS no OSG.
- Las características de transmisión de las RLAN.
- El entorno de propagación.
- El número de dispositivos RLAN.

Se señala que hay una incertidumbre significativa en relación con algunas de las consideraciones anteriores. El análisis del entorno de la interferencia, que se aborda en los puntos siguientes, se basa en dos sistemas de satélite del SMS no OSG que van a utilizar la atribución al SFS en la banda 5 150-5 250 MHz para sus enlaces de conexión, a saber, los satélites LEO-D y LEO-F. Otros sistemas de satélite del SMS no OSG pretenden también utilizar esta atribución de frecuencia para sus enlaces de conexión.

2 Metodología general

Los dos sistemas de satélite que se consideran aquí tienen una antena de recepción de satélite con cobertura mundial para sus enlaces de conexión. Debido a ello, es necesario efectuar una integración a lo largo del campo de visión del satélite, las pérdidas del trayecto en el espacio libre y las pérdidas en edificios. Este enfoque puede representarse mediante la Fig. 1.

FIGURA 1
Geometría de la interferencia combinada



Suponiendo una cierta densidad de dispositivos RLAN, D_R , el número total de dispositivos RLAN vistos por un satélite (en el supuesto de que los dispositivos se distribuyan uniformemente por la superficie de la Tierra) viene dado por $N = D_R \times A_T$, donde A_T es la superficie total vista desde el satélite a la altura H de la superficie de la Tierra ($A_T = 2\pi R_e^2 \times [1 - R_e/(R_e + H)]$). Como los dispositivos no son equidistantes respecto al satélite, la superficie visible de la Tierra se divide en franjas de superficie concéntrica (como en la Fig. 1) de forma que pueda suponerse que todos los dispositivos RLAN en la franja de superficie i -ésima están a la misma distancia, d_i , del satélite y se ven con el mismo ángulo de nadir, η_i , y con el mismo ángulo de elevación, ε_i . El número de dispositivos RLAN en la franja i -ésima viene dado por $N_i = A_i \times (N_T/A_T) = A_i \times D_R$, siendo $A_i = 2\pi R_e^2 \times [\cos(\theta_i) - \cos(\theta_{i-1})]$, (con $\theta_i < \theta_{i-1}$).

La potencia de interferencia combinada de la RLAN, I , en el receptor de satélite no OSG viene así pues dada por la suma de todas las componentes:

$$I(W) = \sum_i I_i = \sum_i N_i \cdot \frac{p.i.r.e.R \times \alpha(\varepsilon_i)}{(4\pi d_i f_0/c)^2} \cdot G_{Rx}(\eta_i) \cdot B_f$$

donde:

- $\alpha(\varepsilon_i)$: atenuación debida a todos los obstáculos entre el dispositivo RLAN y el satélite y que supuestamente depende de la elevación, $0 \leq \varepsilon_i \leq 90^\circ$
- $G_{Rx}(\eta_i)$: ganancia en recepción de la antena del satélite que depende del ángulo de nadir, η_i , es decir, el ángulo entre el punto subsatelital y el dispositivo RLAN
- $B_f = B_W/B_R$: relación entre la anchura de banda de la portadora víctima (deseada) y la anchura de banda de la portadora interferente (transmisiones RLAN) (si $B_W < B_R$, si no, $B_f = 1$), que determina la cantidad de potencia de interferencia que cae en la anchura de banda «filtrada» de la portadora víctima
- f_0 : frecuencia portadora
- c : velocidad de la luz.

Si se toma la potencia de interferencia combinada total del satélite como la potencia de interferencia admisible y se emplean valores promedio (véase la Nota 1) para los valores identificados anteriormente, puede recomponerse la expresión a fin de obtener un número admisible máximo de dispositivos RLAN activos simultáneamente, N_R , de la siguiente manera:

$$N_R = \begin{aligned} & \text{potencia de interferencia admisible en un satélite (dBW)} \\ & \text{menos la p.i.r.e. media de una RLAN (dBW)} \\ & \text{menos el bloqueo medio de los edificios a lo largo del campo de visión del satélite} \\ & \text{(véase la Nota 2) (dB)} \\ & \text{menos las pérdidas medias del trayecto en el espacio libre a lo largo del campo de visión} \\ & \text{del satélite (véase la Nota 3) (dB)} \\ & \text{menos la ganancia media fuera del eje de la antena del satélite a lo largo del campo de visión} \\ & \text{del satélite (dBi)} \\ & \text{menos el factor de corrección de anchura de banda (dB)} \end{aligned}$$

La relación anterior es la que constituye la base del esquema de cálculo descrito en este Anexo. En los puntos siguientes se abordan otros factores asociados a los parámetros identificados anteriormente.

NOTA 1 – La utilización de valores promedio para los parámetros pertinentes a título individual da lugar a un error de algunas décimas de 1 dB.

NOTA 2 – El efecto de atenuación del bloqueo de los edificios se representa mediante un valor negativo (dB).

NOTA 3 – El efecto de atenuación que provocan las pérdidas del trayecto en el espacio libre se representa por un valor negativo (dB).

3 Criterio de interferencia del SMS no OSG

La Recomendación UIT-R S.1426 especifica que el criterio apropiado para la evaluación de la interferencia causada por los transmisores RLAN a los enlaces de conexión del SMS no OSG en la banda 5 150-5 250 MHz debe ser del 3% $\Delta T_{\text{satélite}}$. Esto puede expresarse en forma de un nivel de potencia de interferencia admisible en el receptor de satélite debida a la combinación de las potencias recibidas de todos los dispositivos transmisores RLAN situados en el campo de visión del satélite.

4 Características de recepción del SMS no OSG

Las características fundamentales del receptor del SMS no OSG necesarias para determinar el entorno de compartición son:

- Ganancia media de la antena de recepción del satélite a lo largo del campo de visión (y las pérdidas correspondientes del trayecto en el espacio libre, promediadas también a lo largo del campo de visión del satélite) (véanse el puntos siguientes).
- Temperatura de ruido del satélite: 400 K (LEO-F), 550 K (LEO-D).
- Pérdidas de alimentación: 0 dB (véase la Nota 1) (LEO-F), 2,9 dB (LEO-D).
- Discriminación de polarización: se ha supuesto que con un valor de 1 dB se refleja el hecho de que la interferencia RLAN no está polarizada.
- Anchura de banda del receptor: 25 kHz (LEO-F), 1,23 MHz (LEO-D).

NOTA 1 – Este valor es congruente con los datos notificados para el LEO-F. A causa del formato de datos especificado en el RR, no hay medio de especificar unas pérdidas de alimentación. Por tanto, van implícitas en el valor notificado para la temperatura de ruido del sistema de recepción del satélite.

4.1 LEO-F

La órbita del satélite está a 10 390 km de altura y cada satélite tiene un campo de visión de 44,8° que cubre una superficie de la Tierra ligeramente superior a 158 millones de km² (aproximadamente 31% de la superficie de la Tierra, lo que corresponde a una zona que puede incluir América del Norte y Europa simultáneamente). El diagrama de antena de recepción del satélite LEO-F va conformado para dar una ganancia uniforme de 10 dBi en toda su zona de cobertura (es decir, la superficie visible de la Tierra).

Las pérdidas del trayecto en el espacio libre desde un vehículo espacial LEO-F hasta su punto subsatelital son de 187,2 dB y en el extremo del campo de visión son de 190,6 dB. La integración a lo largo de todo el campo de visión da un valor promedio de 188 dB.

Puede por tanto considerarse que el valor promedio de la combinación de la ganancia de la antena del satélite y las pérdidas del trayecto en el espacio libre a lo largo del campo de visión son de 178 dB.

4.2 LEO-D

La órbita del satélite está a 1414 km de altura y cada satélite tiene un campo de visión de 109,9° que abarca una superficie de la Tierra ligeramente superior a 46 millones de km² (aproximadamente 9% de la superficie de la Tierra, lo que corresponde a una zona que puede incluir toda la América del Norte).

La ganancia de la antena de recepción del LEO-D en el punto subsatelital es de 2,5 dBi aproximadamente, y la ganancia en el extremo del campo de visión es de 4,5 dBi, aproximadamente, con un máximo de ganancia de unos 6 dBi a 45° de separación del eje del satélite. Se calcula que la ganancia media de la antena a lo largo del campo de visión del satélite es de 5,2 dBi.

El valor promedio calculado de la combinación de la ganancia de antena de satélite y las pérdidas en el espacio libre a lo largo del campo de visión es de 168,9 dB. Teniendo en cuenta la ganancia media de la antena de 5,2 dBi, las pérdidas del trayecto en el espacio libre a lo largo del campo de visión son por tanto de 174,1 dB.

5 Características de transmisión de la RLAN

Las características fundamentales de los transmisores RLAN necesarias para determinar el entorno de compartición son:

- p.i.r.e. del dispositivo,
- anchura de banda de la portadora modulada en relación con la anchura de banda del receptor de satélite,
- promedio de la actividad del dispositivo a gran escala.

En general, se espera que las RLAN que funcionan en esta banda consistan en dispositivos de velocidad binaria elevada y por tanto, de banda ancha que tienen una anchura de banda modulada superior a las de las portadoras del SMS. Por tanto, es necesario definir las características radioeléctricas de la RLAN en términos de la densidad espectral de la p.i.r.e.

6 Promedio de la relación transmisión-silenció

La interferencia que llega a un satélite del SMS no OSG en todo instante es debida a los diversos dispositivos RLAN que transmiten simultáneamente en dicho instante. La relación entre el número de dispositivos que están realmente en el campo de visión del satélite y el número de dichos dispositivos que transmiten en todo instante puede reflejarse mediante un factor de actividad denominado relación transmisión-silenció.

Este factor es el resultado de otros factores tales como los de velocidad de datos de los dispositivos RLAN, cantidad de información que se transmite y porcentaje de tiempo en que los dispositivos se activan y se utilizan.

Esta relación debe tener en cuenta el método de acceso utilizado por los dispositivos RLAN.

7 Entorno de propagación

Anteriormente se ha abordado el promedio de las pérdidas del trayecto en el espacio libre a lo largo del campo de visión del satélite, en asociación al promedio de la ganancia de la antena de recepción del satélite. El otro factor clave hasta el momento en relación con el entorno de propagación se refiere al apantallamiento adicional que introducen los edificios y los obstáculos circundantes cuando los dispositivos RLAN funcionan en interiores.

7.1 Bloqueo de edificios

Se supone que el efecto del bloqueo de los edificios en relación con un único dispositivo RLAN depende de la elevación. Se han propuesto diversos modelos para llegar a un valor promedio a gran escala a lo largo del campo de visión del satélite: el valor real depende de la altitud del satélite. Estos modelos tienen en cuenta la transparencia radioeléctrica de los distintos materiales, los efectos de incidencia, la distribución de las RLAN en los edificios, etc.

Dependiendo de los valores de entrada supuestos y de los métodos de agregación utilizados, dichos métodos arrojan valores distintos. En el momento de redactar esta Recomendación no se dispone de modelos acordados para el bloqueo de los edificios.

7.2 Utilización en interiores y en exteriores

El bloqueo de los edificios examinado anteriormente supone un nivel importante de apantallamiento en lo que se refiere a la interferencia causada a los satélites del SMS no OSG. El grado de apantallamiento dependerá por tanto de la proporción de dispositivos RLAN que funcionan en interiores.

La proporción de dispositivos que funcionan en interiores dependerá no sólo de las aplicaciones previstas para las RLAN. En esta gama de frecuencias cabe prever una restricción reglamentaria de la «utilización en interiores». Teniendo presente esta restricción, se espera que la utilización en exteriores no suponga más del 1% del total de RLAN que funcionen en esta gama de frecuencias.

8 Número de dispositivos RLAN

Es difícil establecer perspectivas fiables de mercado para estos dispositivos. Algunas opiniones se basan en las aplicaciones profesionales y dan como consecuencia cifras relativamente modestas de dispositivos, mientras que otras opiniones se basan en aplicaciones de consumo con un potencial de mercado muy superior.

Teniendo en cuenta todos los factores examinados anteriormente, puede deducirse que habrá un número tolerable de dispositivos RLAN en el campo de visión de un satélite del SMS no OSG, suponiendo ciertos parámetros operativos de las RLAN. Este número tolerable calculado de dispositivos RLAN puede seguidamente compararse con proyecciones adecuadas del mercado, a fin de determinar si el nivel de la p.i.r.e. de una RLAN dará protección adecuada a los enlaces de conexión del SMS no OSG.

Las previsiones de mercado en cuanto a dispositivos RLAN en el campo de visión de un satélite oscilan entre los valores indicados en el Cuadro 1.

CUADRO 1

Previsiones de mercado de los dispositivos RLAN (millones de unidades)

LEO-D			
Previsión inferior		Previsión superior	
2005	2010	2005	2010
5	16	30	80
LEO-F			
Previsión inferior		Previsión superior	
2005	2010	2005	2010
8	34	118	315

Al utilizar los valores del Cuadro 1, han de tenerse en cuenta las posibilidades de poder disponer de espectro adicional para las RLAN.

9 Valores de parámetros que requieren nuevos estudios

El Cuadro 2 enumera los parámetros sobre los que se requieren nuevos estudios. Se da un valor para cada gama.

CUADRO 2

Valores de los parámetros

Parámetro	Valor propuesto inferior	Valor propuesto superior
Relación media transmisión/silencio (%)	1,0 ⁽¹⁾	5 ⁽²⁾
Bloqueo medio de edificios (dB)	7	17

(1) Los resultados medidos actualmente de este valor son significativamente inferiores al 1%.

(2) Las aplicaciones futuras pudieran tener valores superiores al 5%.

10 Evaluación de un modelo

Basándose en la metodología y en las características pertinentes examinadas en los puntos anteriores, es posible elaborar un esquema que permita evaluar el número admisible de dispositivos RLAN. Dicho esquema se representa en el Cuadro 3. Puede ser necesario tener en cuenta otros factores tales como la señalización y/o la modulación especiales. Se cita como ejemplo la HIPERLAN Tipo 1 a la que se hace referencia en la Nota 2 del cuerpo principal de Recomendación que tiene un encabezamiento de baja velocidad binaria y utiliza contención y señalización, lo que en conjunto ofrece un efecto medio de 6 dB, en la densidad de p.i.r.e.

CUADRO 3

Esquema para calcular el número admisible de RLAN para los enlaces de conexión del SMS no OSG que funcionan en la banda 5 150-5 250 MHz

Parámetro	LEO-F	LEO-D
$T_{satélite}$ (K)	400	550
Criterio (%)	3	3
$\Delta T_{satélite}$ (K)	12	16,5
Pérdidas del trayecto en el espacio libre (promedio) (dB)	-188	-174,1
Discriminación de polarización (dB)	1	1
Pérdidas de alimentación (dB)	0	2,9
Ganancia de la antena del satélite (promedio) (dBi)	10	5,2
Potencia admisible de la RLAN por canal del SMS (dBW)	5,2	17,3
Anchura de banda de recepción del SMS (MHz)	0,025	1,23
Anchura de banda de la RLAN (MHz)	20	20
Factor de anchura de banda (dB)	29,0	12,1
Potencia admisible de la RLAN por canal de RLAN (dBW)	34,2	29,4
Utilización en exteriores (%)	1	1
Exceso de pérdidas en el espacio libre para los dispositivos en interiores (dB)	(1)	(1)
Efecto medio de las pérdidas en exceso (dB)	(1)	(1)
Interferencia máxima admisible por canal RLAN (dBW)	(1)	(1)
p.i.r.e. media de la RLAN (dBW)	(1)	(1)
Número de usuarios activos	(1)	(1)
Relación silencio/transmisión (%)	(1)	(1)
Número máximo admisible de RLAN por canal RLAN (millón)	(1)	(1)

(1) Este valor requiere estudios adicionales.