

Unión Internacional de Telecomunicaciones

UIT-T

SECTOR DE NORMALIZACIÓN
DE LAS TELECOMUNICACIONES
DE LA UIT

G.9700

(04/2014)

SERIE G: SISTEMAS Y MEDIOS DE TRANSMISIÓN,
SISTEMAS Y REDES DIGITALES

Redes de acceso – Redes de acceso metálicas

**Acceso rápido a terminales de abonado (G.fast)
– Especificación de la densidad espectral de
potencia**

Recomendación UIT-T G.9700

UIT-T



RECOMENDACIONES UIT-T DE LA SERIE G
SISTEMAS Y MEDIOS DE TRANSMISIÓN, SISTEMAS Y REDES DIGITALES

CONEXIONES Y CIRCUITOS TELEFÓNICOS INTERNACIONALES	G.100–G.199
CARACTERÍSTICAS GENERALES COMUNES A TODOS LOS SISTEMAS ANALÓGICOS DE PORTADORAS	G.200–G.299
CARACTERÍSTICAS INDIVIDUALES DE LOS SISTEMAS TELEFÓNICOS INTERNACIONALES DE PORTADORAS EN LÍNEAS METÁLICAS	G.300–G.399
CARACTERÍSTICAS GENERALES DE LOS SISTEMAS TELEFÓNICOS INTERNACIONALES EN RADIOENLACES O POR SATÉLITE E INTERCONEXIÓN CON LOS SISTEMAS EN LÍNEAS METÁLICAS	G.400–G.449
COORDINACIÓN DE LA RADIOTELEFONÍA Y LA TELEFONÍA EN LÍNEA	G.450–G.499
CARACTERÍSTICAS DE LOS MEDIOS DE TRANSMISIÓN Y DE LOS SISTEMAS ÓPTICOS	G.600–G.699
EQUIPOS TERMINALES DIGITALES	G.700–G.799
REDES DIGITALES	G.800–G.899
SECCIONES DIGITALES Y SISTEMAS DIGITALES DE LÍNEA	G.900–G.999
CALIDAD DE SERVICIO Y DE TRANSMISIÓN MULTIMEDIOS – ASPECTOS GENÉRICOS Y ASPECTOS RELACIONADOS AL USUARIO	G.1000–G.1999
CARACTERÍSTICAS DE LOS MEDIOS DE TRANSMISIÓN	G.6000–G.6999
DATOS SOBRE CAPA DE TRANSPORTE – ASPECTOS GENÉRICOS	G.7000–G.7999
ASPECTOS RELATIVOS A LOS PROTOCOLOS EN MODO PAQUETE SOBRE LA CAPA DE TRANSPORTE	G.8000–G.8999
REDES DE ACCESO	G.9000–G.9999
Redes de acceso metálicas	G.9700–G.9799
Sistemas de línea óptica para las redes locales y de acceso	G.9800–G.9899
Redes internas	G.9900–G.9999

Para más información, véase la Lista de Recomendaciones del UIT-T.

Recomendación UIT-T G.9700

Acceso rápido a terminales de abonado (G.fast) – Especificación de la densidad espectral de potencia

Resumen

En la Recomendación UIT-T G.9700 se especifican los requisitos de la máscara de densidad espectral de potencia (PSD) para el acceso rápido a terminales de abonado (G.fast), un conjunto de herramientas para reducir la máscara de transmisión de PSD, parámetros de control del perfil que determinan el contenido espectral, en particular la máxima potencia de transmisión combinada admisible con una determinada impedancia de terminación y una metodología para verificar la PSD de transmisión. Esta Recomendación completa la especificación de la capa física (PHY) de la Recomendación UIT-T G.9701.

Historia

Edición	Recomendación	Aprobación	Comisión de Estudio	ID único*
1.0	ITU-T G.9700	2014-04-04	15	11.1002/1000/12010

* Para acceder a la Recomendación, sírvase digitar el URL <http://handle.itu.int/> en el campo de dirección del navegador, seguido por el identificador único de la Recomendación. Por ejemplo, <http://handle.itu.int/11.1002/1000/11830-en>.

PREFACIO

La Unión Internacional de Telecomunicaciones (UIT) es el organismo especializado de las Naciones Unidas en el campo de las telecomunicaciones y de las tecnologías de la información y la comunicación. El Sector de Normalización de las Telecomunicaciones de la UIT (UIT-T) es un órgano permanente de la UIT. Este órgano estudia los aspectos técnicos, de explotación y tarifarios y publica Recomendaciones sobre los mismos, con miras a la normalización de las telecomunicaciones en el plano mundial.

La Asamblea Mundial de Normalización de las Telecomunicaciones (AMNT), que se celebra cada cuatro años, establece los temas que han de estudiar las Comisiones de Estudio del UIT-T, que a su vez producen Recomendaciones sobre dichos temas.

La aprobación de Recomendaciones por los Miembros del UIT-T es el objeto del procedimiento establecido en la Resolución 1 de la AMNT.

En ciertos sectores de la tecnología de la información que corresponden a la esfera de competencia del UIT-T, se preparan las normas necesarias en colaboración con la ISO y la CEI.

NOTA

En esta Recomendación, la expresión "Administración" se utiliza para designar, en forma abreviada, tanto una administración de telecomunicaciones como una empresa de explotación reconocida de telecomunicaciones.

La observancia de esta Recomendación es voluntaria. Ahora bien, la Recomendación puede contener ciertas disposiciones obligatorias (para asegurar, por ejemplo, la aplicabilidad o la interoperabilidad), por lo que la observancia se consigue con el cumplimiento exacto y puntual de todas las disposiciones obligatorias. La obligatoriedad de un elemento preceptivo o requisito se expresa mediante las frases "tener que, haber de, hay que + infinitivo" o el verbo principal en tiempo futuro simple de mandato, en modo afirmativo o negativo. El hecho de que se utilice esta formulación no entraña que la observancia se imponga a ninguna de las partes.

PROPIEDAD INTELECTUAL

La UIT señala a la atención la posibilidad de que la utilización o aplicación de la presente Recomendación suponga el empleo de un derecho de propiedad intelectual reivindicado. La UIT no adopta ninguna posición en cuanto a la demostración, validez o aplicabilidad de los derechos de propiedad intelectual reivindicados, ya sea por los miembros de la UIT o por terceros ajenos al proceso de elaboración de Recomendaciones.

En la fecha de aprobación de la presente Recomendación, la UIT ha recibido notificación de propiedad intelectual, protegida por patente, que puede ser necesaria para aplicar esta Recomendación. Sin embargo, debe señalarse a los usuarios que puede que esta información no se encuentre totalmente actualizada al respecto, por lo que se les insta encarecidamente a consultar la base de datos sobre patentes de la TSB en la dirección <http://www.itu.int/ITU-T/ipr/>.

© UIT 2016

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

ÍNDICE

	Page
1 Alcance	3
2 Referencias	3
3 Definiciones	3
4 Siglas y acrónimos	4
5 Convenios	4
6 Máscara PSD de transmisión	4
6.1 Descripción general	4
6.2 Máscara límite PSD (LPM)	5
6.3 Máscara de subportadora	5
6.4 Conformación de la densidad espectral de potencia.....	6
6.5 Supresión de bandas de frecuencias específicas.....	6
6.6 Máscara rechaza banda de bajas frecuencias.....	8
7 Especificación del contenido espectral	9
7.1 Parámetros de control del perfil	9
7.2 Especificaciones de la máscara de PSD	10
7.3 Impedancia de terminación.....	12
7.4 Máxima potencia de transmisión combinada	13
8 Verificación de la PSD de transmisión	13
Apéndice I – Bandas internacionales de radioaficionados.....	14
Apéndice II – Bandas de radiodifusión.....	15
Apéndice III – Definición de la PSD del transmisor (TXPSD) para transmisiones no continuas.....	16

Recomendación UIT-T G.9700

Acceso rápido a terminales de abonado (G.fast) – Especificación de la densidad espectral de potencia

1 Alcance

La presente Recomendación complementa la especificación de la capa física (PHY) de [UIT-T G.9701].

Se especifican:

- los requisitos de la máscara límite de densidad espectral de potencia (PSD);
- un conjunto de herramientas para reducir la máscara PSD de transmisión;
- los parámetros de control del perfil que determinan el contenido espectral, en particular la máxima potencia de transmisión combinada admisible con una determinada impedancia de terminación; y
- una metodología para la verificación de la PSD de transmisión.

De este modo se garantiza que la tecnología puede atender:

- los requisitos regionales;
- los requisitos de despliegue del operador, por ejemplo, la compatibilidad con otras tecnologías de la línea digital de abonado (DSL);
- los reglamentos o normas de compatibilidad electromagnética (EMC) aplicables; y
- los problemas locales de EMC.

2 Referencias

Las siguientes Recomendaciones UIT-T y demás referencias contienen disposiciones que, por referencia a las mismas en este texto, constituyen disposiciones de esta Recomendación. En la fecha de publicación, las ediciones citadas estaban en vigor. Todas las Recomendaciones y demás referencias están sujetas a revisión, por lo que se alienta a los usuarios de esta Recomendación a que consideren la posibilidad de aplicar la edición más reciente de las Recomendaciones y demás referencias que se indican a continuación. Se publica periódicamente una lista de las Recomendaciones UIT-T vigentes. La referencia a un documento en el marco de esta Recomendación no confiere al mismo, como documento autónomo, el rango de Recomendación.

[UIT-T G.993.2] Recomendación UIT-T G.993.2 (2011), *Transceptores de línea digital de abonado de velocidad muy alta 2 (VDSL2)*.

[UIT-T G.9701] Recomendación UIT-T G.9701 (2014), *Acceso rápido a terminales de abonado (G.fast) – Especificación de la capa física*.

3 Definiciones

En la presente Recomendación se definen los siguientes términos:

3.1 ceiling(x): Mínimo número entero no inferior a x .

3.2 floor(x): Máximo número entero no superior a x .

3.3 f_{sc} : Parámetro que representa la frecuencia de la separación de subportadoras.

3.4 subportadora: Componente fundamental de un modulador multitono discreto (DMT). El modulador divide el ancho de banda del canal en varios subcanales paralelos. La frecuencia central de cada subcanal es la subportadora con la que se modulan los bits para su transmisión por un canal.

4 Siglas y acrónimos

En la presente Recomendación se utilizan las siguientes siglas y acrónimos:

DAB	Radiodifusión de audio digital – <i>Digital Audio Broadcasting</i>
DMT	Multitono discreto – <i>Discrete Multitone</i>
DP	Punto de distribución – <i>Distribution Point</i>
DSL	Línea digital de abonado – <i>Digital Subscriber Line</i>
EMC	Compatibilidad electromagnética – <i>Electromagnetic Compatibility</i>
FAST (G.fast)	Acceso rápido a terminales de abonado – <i>Fast Access to Subscriber Terminals</i>
FM	Modulación de frecuencia – <i>Frequency Modulation</i>
FTU	Unidad transceptora FAST – <i>FAST Transceiver Unit</i>
FTU-O	FTU en la unidad de red óptica
FTU-R	FTU en el sitio distante (es decir, al final del bucle del abonado)
LESM	Máscara rechaza banda de bajas frecuencias – <i>Low-frequency Edge Stop-band Mask</i>
LPM	Máscara de PSD límite – <i>Limit PSD Mask</i>
MBW	Ancho de banda de medición – <i>Measurement Bandwidth</i>
MIB	Base de información de gestión – <i>Management Information Base</i>
NM	Máscara rechaza banda – <i>Notching Mask</i>
PSD	Densidad espectral de potencia – <i>Power Spectral Density</i>
PSM	Máscara de conformación PSD – <i>PSD Shaping Mask</i>
QoS	Calidad del servicio – <i>Quality of Service</i>
SM	Máscara de subportadora – <i>Subcarrier Mask</i>
TDD	Duplexión por división en el tiempo – <i>Time Division Duplexing</i>
TxPSDM	Máscara PSD de transmisión – <i>Transmit PSD Mask</i>

5 Convenios

Ninguno.

6 Máscara PSD de transmisión

6.1 Descripción general

La máscara PSD de transmisión (TxPSDM) se construye combinando las siguientes máscaras:

- máscara PSD límite (LPM);
- máscara de subportadora (SM);
- máscara de conformación PSD (PSM);
- máscara rechaza banda (NM); y
- máscara rechaza banda de bajas frecuencias (LESM).

La máscara TxPSDM que se aplica a la unidad transceptora FAST (FTU) en la unidad de red óptica (FTU-O) y la que se aplica en el sitio distante FTU (es decir, al final del bucle del abonado) (FTU-R) pueden ser distintas.

En el caso de una FTU, la PSD de la señal transmitida en cualquier frecuencia nunca rebasará la TxPSDM.

La LPM (véase la cláusula 7.2.1) especifica el límite máximo absoluto de TxPSDM. La máscara de subportadora (SM), la máscara de conformación PSD (PSM), la máscara rechaza banda (NM) y la máscara rechaza banda de bajas frecuencias (LESM) permiten reducir y dar forma a la TxPSDM por medio de cuatro mecanismos:

- máscara de subportadora;
- eliminación de bandas de frecuencias específicas;
- conformación de PSD; y
- máscara de eliminación de la banda de bajas frecuencias.

Es obligatorio que tanto FTU-O como FTU-R admitan estos cuatro mecanismos.

La TxPSDM deberá cumplir la reglamentación nacional y regional aplicable.

NOTA 1 – Al determinar la PSD correcta que se ha de utilizar en una determinada jurisdicción, los operadores deben utilizar las herramientas suministradas para garantizar el cumplimiento de la reglamentación en materia de compatibilidad electromagnética (CEM), teniendo especialmente en cuenta la protección de receptores de los servicios de seguridad de la vida, que no deben estar inmediatamente adyacentes a los cables de derivación que transportan señales UIT-T G.9701. Entre los ejemplos se cuentan los canales de radionavegación aeronáutica en VHF en la banda 108-117,975 MHz, y los canales de comunicaciones de emergencia aeronáuticas (por ejemplo, 121,5 MHz) y los canales de comunicaciones de emergencia marítimas en las bandas HF y VHF.

NOTA 2 – Además de las máscaras definidas en la presente Recomendación que indican los límites absolutos de la TxPSDM (dentro y fuera de la banda), en [UIT-T G.9701] se definen dos mecanismos: un mecanismo de funcionamiento discontinuo que permite a la FTU apagar dinámicamente la potencia de transmisión de cada conexión en concreto cuando no hay datos que transmitir y un mecanismo de modo de baja potencia (L2). Estos dos mecanismos permiten al sistema reducir aún más la potencia de transmisión a un valor suficiente como para alcanzar la velocidad binaria y la calidad de servicio (QoS) deseadas.

NOTA 3 – TXPSDM se define en diversos anchos de banda promedios de acuerdo con la frecuencia, como se define en el Cuadro 8-1, salvo en las subbandas en el extremo inferior de la banda de frecuencia y en la región puntos de corte definidos mediante la MIB, siendo TXPSDM_W (ancho de banda de 1 MHz) y TXPSDM_N (banda estrecha de 10 kHz) las máscaras que se aplican como se describe en las cláusulas 6.5 y 6.6.

6.2 Máscara límite PSD (LPM)

La máscara de PSD límite (LPM) define el límite máximo absoluto de PSD de la TxPSDM que nunca deberá rebasarse. Los demás mecanismos y definiciones de máscaras utilizados para construir la TxPSDM tendrán como único efecto la reducción de la máscara a partir de los límites establecidos por la LPM.

6.3 Máscara de subportadora

El enmascaramiento de subportadora (SM) se utilizará para eliminar la transmisión de una o varias subportadoras. Se configura en la base de información de gestión del punto de distribución (DP-MIB) mediante el parámetro CARMASK de la UIT-T G.997.1. La potencia de transmisión de las subportadoras especificadas en la SM se pondrá a nivel cero (escala lineal). La SM anulará las demás instrucciones relacionadas con la potencia de transmisión de la subportadora.

La SM se define como una serie de bandas de frecuencias enmascaradas. Cada banda se especifica mediante un subíndice de subportadora inicial (x_L) y un subíndice de subportadora final (x_H), en la forma $\{x_L, x_H\}$. Una SM integrada por S bandas se puede representar en el formato siguiente:

$$SM(S) = [\{x_{L1}, x_{H1}\}, \{x_{L2}, x_{H2}\}, \dots \{x_{LS}, x_{HS}\}]$$

Se apagarán todas las subportadoras de la banda, es decir, con índice mayor o igual que x_L y menor o igual que x_H (potencia de transmisión igual a cero).

NOTA – La SM está prevista para incorporar tanto las subportadoras enmascaradas definidas en un anexo que estipula los requisitos regionales de modo que se puedan cumplir los reglamentos locales, como las subportadoras enmascaradas definidas por el usuario o proveedor de servicio para facilitar el despliegue local. La máscara de subportadora no se ha concebido para proteger los servicios de radiocomunicaciones; para esto se recurre a los filtros rechaza banda (véase la cláusula 6.5).

6.4 Conformación de la densidad espectral de potencia

La conformación de la densidad espectral de potencia (PSD) permite reducir la TxPSDM en algunas partes del espectro, principalmente en aras de la compatibilidad y la coexistencia con otras tecnologías de red de acceso y residencial. La máscara de conformación PSD (PSM) se configura en la DP-MIB mediante el parámetro PSDMASK de la UIT-T G.997.1.

La PSM se define en la gama de frecuencias entre la subportadora inferior x_1 (siendo $x_1 = \text{ceiling}(f_{tr1}/f_{sc})$) y la superior x_H (siendo $x_H = \text{floor}(f_{tr2}/f_{sc})$), y consta de uno o varios segmentos de frecuencia. Los límites de los segmentos se definen estableciendo puntos de corte. Dentro de cada segmento, la PSM puede ser constante o tener una pendiente lineal entre los puntos dados (en dBm/Hz) cuando la frecuencia se expresa en una escala lineal.

Cada punto de corte de la PSM se especifica mediante un índice de subportadora x_n y un valor de PSD_n en la subportadora expresada en dBm/Hz, $\{x_n, PSD_n\}$. La PSD_1 también se aplicará a las subportadoras inferiores a x_1 y la PSD_H también se aplicará a las subportadoras superiores a x_H . Una PSM integrada por S segmentos se puede representar por $(S+1)$ puntos de corte en el siguiente formato:

$$PSM(S) = [\{x_1, PSD_1\}, \{x_2, PSD_2\} \dots \{x_S, PSD_S\}, \{x_H, PSD_H\}]$$

Las FTU deberán admitir una configuración de al menos 32 puntos de corte PSM.

Si uno o varios puntos de corte PSM se sitúan por encima de la LPM, la máscara PSD de transmisión deberá ser igual a: TxPSDM = $\text{mín}(PSM, LPM)$. Todos los valores de PSD_n de los puntos de corte PSM serán superiores a -90 dBm/Hz.

6.5 Supresión de bandas de frecuencias específicas

La FTU se habrá de poder configurar para suprimir una o varias bandas de frecuencia con el fin de proteger los servicios de radiocomunicaciones, tales como las bandas de radioaficionados o las bandas de radiodifusión.

Cada banda a eliminar en la máscara rechaza banda (NM) se define mediante los índices de subportadora SC_{inicio} y SC_{fin} .

La gama válida del índice del tono inicial rechaza banda, SC_{inicio} , está formada por todos los índices de tonos válidos que son menores o iguales que la frecuencia mínima de la banda protegida menos $f_{sc}/2$. La gama válida del índice de tonos final rechaza banda, SC_{final} , está formada por todos los índices de tono de corte válidos que son mayores o iguales que la frecuencia máxima de la banda protegida más $f_{sc}/2$.

Dentro de la banda rechaza banda se apagarán todas las subportadoras y la máscara rechaza banda (NM) será de igual a LPM -20 dB.

NOTA 1 – Para cumplir los requisitos de la profundidad de supresión de TxPSDM, quizá también se tengan que apagar las subportadoras situadas a cada lado de las subportadoras enmascaradas.

Toda FTU deberá admitir simultáneamente al menos 16 puntos rechaza banda arbitrarios.

Para cada banda eliminada se definen dos máscaras PSD:

- Máscara PSD de transmisión de banda estrecha (TXPSDM_N)

Se define para verificar la PSD utilizando una MBW=10 kHz centrada en la frecuencia del caso.

La TXPSDM_N se define como el máximo de la máscara rechaza banda (NM) configurada y un límite inferior de -100 dBm/Hz:

$$TxPSDM_N = \text{máx}[NM, -100 \text{ dBm/Hz}]$$

- Máscara PSD de transmisión de banda ancha (TXPSDM_W)

Esta máscara se define para verificar una PSD media de banda ancha (PSD_W) calculada matemáticamente, y que se obtiene promediando las medidas de banda estrecha (PSD_N) (medido en una MBW=10 kHz) en una ventana de 1 MHz centrada en la frecuencia en cuestión:

$$PSD_W(f) = 10 \times \log_{10} \left(\left(\frac{1}{100} \right) \times \sum_{i=(-49)}^{50} 10^{\left(\frac{PSD_N(f+i \times 10 \text{ kHz})}{10} \right)} \right)$$

siendo:

PSD_N(f): PSD medida en banda estrecha en la f , expresada en dBm/Hz

PSD_W(f): PSD media en banda ancha calculada matemáticamente en la frecuencia f , expresada en dBm/Hz.

La TXPSDM_W se define como el máximo de la máscara rechaza banda (NM) y un límite inferior como se define en la frecuencia del Cuadro 6-1 en cuestión:

$$TxPSDM_W(f) = \text{máx}[NM(f), \text{límite inferior}(f)].$$

Cuadro 6-1 – Requisitos del límite inferior TXPSDM_W

Frecuencia MHz	Límite inferior TXPSDM_W [dBm/Hz]
2,0 – 4,0	-100
4,0 – 5,0	-110
> 5,0	-112

En el caso de las bandas eliminadas de anchura inferior a 1 MHz:

- La PSD de transmisión sólo tiene que satisfacer la máscara PSD de transmisión de banda estrecha TxPSDM_N, y sólo para frecuencias $(SC_{\text{inicio}} \times f_{SC} + \frac{1}{2} \times MBW) < f < (SC_{\text{fin}} \times f_{SC} - \frac{1}{2} \times MBW)$.

En el caso de bandas eliminadas de anchura mayor o igual a 1 MHz:

- La PSD de transmisión tiene que satisfacer la máscara PSD de transmisión de banda estrecha TxPSDM_N, para frecuencias $(SC_{\text{inicio}} \times f_{SC} + \frac{1}{2} \times MBW) < f < (SC_{\text{fin}} \times f_{SC} - \frac{1}{2} \times MBW)$, y
- La PSD de transmisión media de banda ancha PSD (PSD_W(f)) tiene que satisfacer la máscara PSD de transmisión de banda ancha TxPSDM_W para frecuencias $(SC_{\text{inicio}} \times f_{SC} + \frac{1}{2} \times MBW + 0,5 \text{ MHz}) < f < (SC_{\text{fin}} \times f_{SC} - \frac{1}{2} \times MBW - 0,5 \text{ MHz})$. El valor de la máscara con el que se habrá de comparar será el valor máximo que toma la máscara en una ventana de 1 MHz $[f - 0,5 \text{ MHz}, f + 0,5 \text{ MHz}]$.

En el Apéndice I se indican las frecuencias de las bandas internacionales de radioaficionados. Se debería poder configurar las FTU para suprimir las bandas de radioaficionados por separado en función de la protección necesaria.

En el Apéndice II se detallan las frecuencias de los servicios de radiodifusión (modulación de frecuencias (FM) y radiodifusión sonora digital (DAB)).

Cada uno de los servicios FM, DAB y otros requerirá una configuración diferente, en función de las características del servicio de radiocomunicaciones en cuestión.

NOTA 2 – Puede utilizarse la máscara NM para eliminar estaciones de radiodifusión concretas, dependiendo de la utilización del espectro.

6.6 Máscara rechaza banda de bajas frecuencias

Para la máscara rechaza banda de bajas frecuencias (LESM), se definen dos máscaras PSD:

- Máscara PSD de transmisión de banda estrecha (TXPSDM_N)

Esta máscara se define para verificar la PSD utilizando una MBW=10 kHz centrada en la frecuencia del caso.

La TXPSDM_N se define como se muestra en la Figura 6-1, donde PSD_{tr3} es el valor de la LPM dentro de la banda a la frecuencia f_{tr3} . Los valores en la banda de transición se obtienen por interpolación lineal en dB mediante una escala lineal de frecuencias.

La PSD de transmisión tiene que ajustarse a la máscara de PSD de transmisión de banda estrecha, TxPSDM_N, para frecuencias $(0,5 \text{ MHz} + \frac{1}{2} \times \text{MBW}) < f < (f_{tr3} - \frac{1}{2} \times \text{MBW})$, siendo $f_{tr1} \leq f_{tr3} \leq 30 \text{ MHz}$. Los valores de la PSD por encima de la frecuencia de transición f_{tr1} se consideran dentro de la banda y se definen en la cláusula 7.2.1.1.

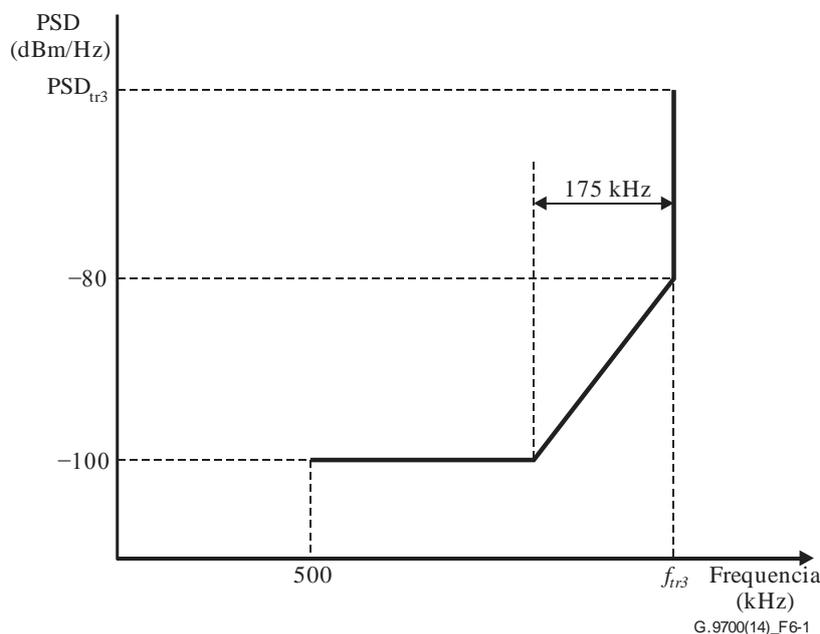


Figura 6-1 – Máscara rechaza banda de bajas frecuencias

- Máscara PSD de transmisión de banda ancha (TXPSDM_W)

La finalidad de esta máscara verificar la PSD media de banda ancha calculada matemáticamente en una ventana de 1 MHz ($PSD_W(f)$) como se define en la cláusula 6.5.

La $TXPSDM_W(f)$ se define en el Cuadro 6.2 para la frecuencia en cuestión.

La PSD media de transmisión en banda ancha (PSD_W(*f*)) ha de satisfacer la máscara PSD de transmisión de banda ancha TxPSDM_W para frecuencias $(2,0 \text{ MHz} + \frac{1}{2} \times \text{MBW} + 0,5 \text{ MHz}) < f < (f_{ir3} - 175 \text{ kHz} - \frac{1}{2} \times \text{MBW} - 0,5 \text{ MHz})$. Los valores de la máscara se han de comparar con el valor máximo que toma la máscara en la ventana 1 MHz [*f* - 0,5 MHz, *f* + 0,5 MHz].

Cuadro 6-2 – Requisitos de LESM TXPSDM_W

Frecuencia (MHz)	LESM TXPSDM _W (dBm/Hz)
2,0 a 4,0	-100
4,0 a 5,0	-110
> 5,0	-112

7 Especificación del contenido espectral

7.1 Parámetros de control del perfil

Cada perfil especifica los valores normativos de los siguientes parámetros:

- número de subportadoras (*N*);
- separación entre subportadoras (*f_{SC}*);
- parámetros de extensión cíclicos *L_{CP}* y *β*; y
- máxima potencia de transmisión combinada (tanto al sentido ascendente como descendente).

En el Cuadro 7-1 se indican los parámetros de control válidos de cada perfil. Los parámetros se definen en [UIT-T G.9701].

Cuadro 7-1 – Parámetros de control del perfil

Parámetro	Perfil (Nota 1)	
	106 MHz	212 MHz
<i>N</i>	2048 (Nota 2)	Pendiente de estudio
<i>f_{SC}</i>	51,75 kHz	51,75 kHz
<i>L_{CP}</i>	<i>N</i> /64 × <i>m</i> para <i>m</i> = 4, 8, 10, 12, 14, 16, 20, 24, 30 y 33 muestras @ 2× <i>N</i> × <i>f_{SC}</i> muestras/s	Pendiente de estudio
<i>β</i>	64 y 128 muestras @ 2× <i>N</i> × <i>f_{SC}</i> muestras/s	Pendiente de estudio
Máxima potencia de transmisión combinada	+4 dBm (Véanse las cláusulas 7,3 y 7,4)	Pendiente de estudio

NOTA 1 – Se podrán definir otros perfiles en el futuro con mayores potencias máximas de transmisión combinadas siempre y cuando queden comprendidos dentro de la máscara de PSD límite especificada en la presente Recomendación.

NOTA 2 – La gama de índices de subportadora válidos corresponde a las frecuencias comprendidas entre 2 y 106 MHz.

7.2 Especificaciones de la máscara de PSD

7.2.1 Máscara de PSD límite (LPM)

La máscara de PSD límite (LPM) representa el máximo absoluto que la TxPSDM nunca deberá rebasar. Las LPM dentro de la banda para los perfiles de 106 MHz y de 212 MHz se describen en la cláusula 7.2.1.1. Las LPM fuera de la banda se definen en la cláusula 7.2.1.2.

7.2.1.1 LPM dentro de la banda

Las LPM dentro de la banda para los perfiles de 106 MHz y de 212 MHz se describen en las Figuras 7-1 y 7-2, respectivamente. Los parámetros de estas LPM se representan en los Cuadros 7-2 y 7-3, respectivamente.

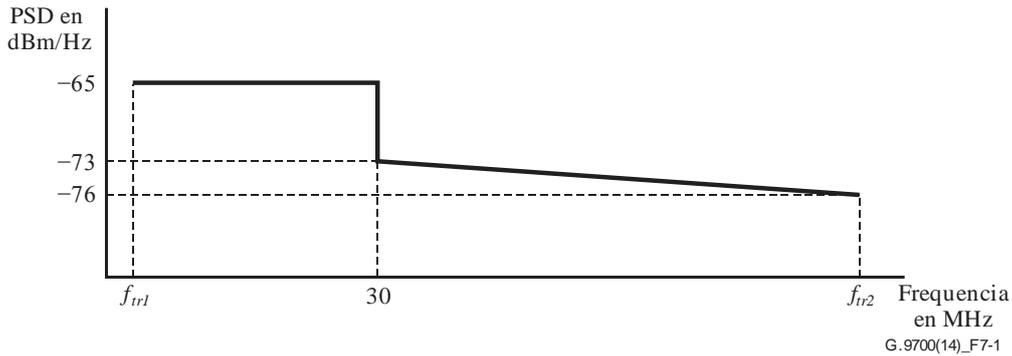


Figura 7-1 – Máscara de PSD límite dentro de la banda para el perfil 106 MHz

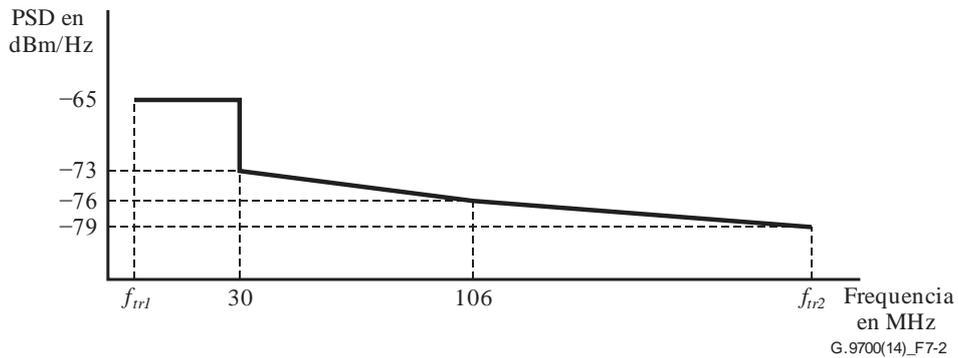


Figura 7-2 – Máscara de PSD límite dentro de la banda para el perfil 212 MHz

Cuadro 7-2 – Parámetros de la LPM dentro de la banda para el perfil 106 MHz

Parámetro	Frecuencia (MHz)	PSD (dBm/Hz)	Descripción
f_{ir1}	2	-65	La LPM por debajo de f_{ir1} se define en la cláusula 7.2.1.2.
	30	-65	
f_{ir2}	30	-73	Los valores de PSD límite entre los puntos indicados se obtendrán por interpolación lineal en dB en una escala lineal de frecuencias. La LPM por encima de f_{ir2} se define en la cláusula 7.2.1.2
	106	-76	

Cuadro 7-3 – Parámetros de la LPM dentro de la banda para el perfil 212 MHz

Parámetro	Frecuencia (MHz)	PSD (dBm/Hz)	Descripción
f_{ir1}	2	-65	La LPM por debajo de f_{ir1} se define en la cláusula 7.2.1.2.
	30	-65	
	30	-73	Los valores de PSD límite entre los punto indicados se obtendrán por interpolación lineal en dB en una escala lineal de frecuencias. La LPM por encima de f_{ir2} se define en la cláusula 7.2.1.2
	106	-76	
f_{ir2}	212	-79	

NOTA – Cuando se recurre a una conformación del espectro adicional, como se describe en la cláusula 6 (por ejemplo, en aras de la compatibilidad del espectro o para cumplir el límite de potencia de banda ancha) se podrían reducir diversas partes de la TxPSDM apagando algunas subportadoras o reduciendo su potencia de transmisión. Si fuese necesario, también se podrían aplicar otros filtros rechaza banda.

7.2.1.2 LPM fuera de banda

La LPM fuera de banda tendrá la forma indicada en la Figura 7-3 para el extremo de bajas frecuencias, y en la Figura 7-4 en altas frecuencias, donde PSD_{tr1} es el valor de la LPM dentro de la banda a la frecuencia f_{ir1} y PSD_{tr2} es el valor de la LPM dentro de la banda a la frecuencia f_{ir2} . Los parámetros de estas LPM se indican en los Cuadros 7-4 y 7-5, respectivamente.

La LPM fuera de banda se aplica a todas las frecuencias por debajo de la frecuencia de transición inferior f_{ir1} y a las frecuencias por encima de la frecuencia de transición superior f_{ir2} . Los valores de la PSD entre las frecuencias de transición f_{ir1} y f_{ir2} se consideran dentro de la banda y se definen en la cláusula 7.2.1.1.

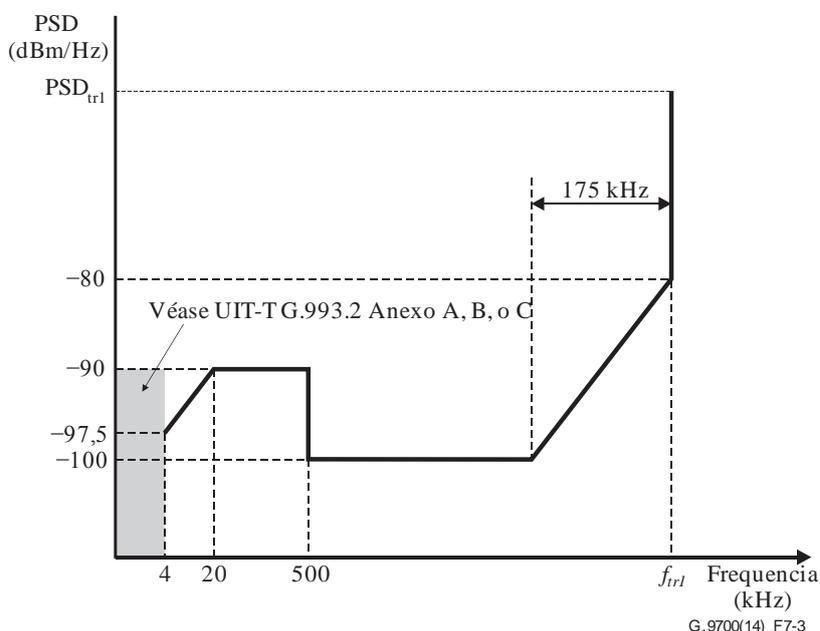


Figura 7-3 – LPM fuera de la banda en bajas frecuencias

Los requisitos para frecuencias inferiores a 4 kHz se especifican en los Anexos A, B y C de [UIT-T G.993.2] para las regiones de Norteamérica, Europa y Japón, respectivamente.

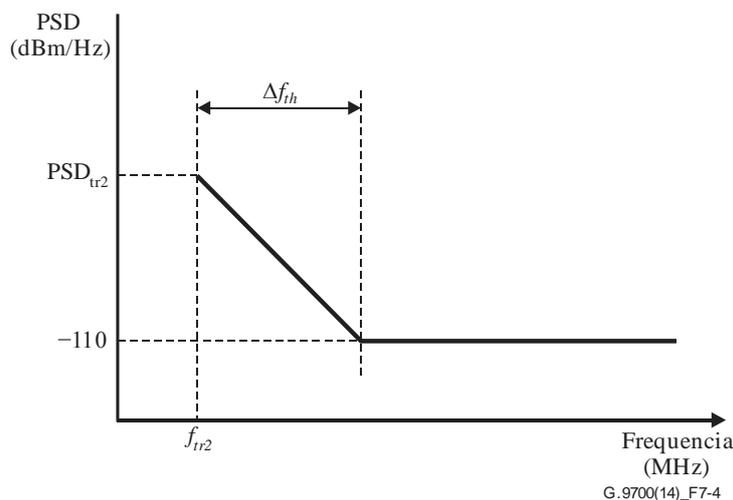


Figura 7-4 – LPM fuera de la banda en altas frecuencias

Cuadro 7-4 – Parámetros de LPM fuera de banda a bajas frecuencias

f_{tr1} (MHz)	PSD _{tr1} (dBm/Hz)	Descripción
2	-65	<p>El de PSD límite en la frecuencia de transición f_{tr1} cae de PSD_{tr1} a -80 dBm/Hz.</p> <p>El de PSD límite en la banda de transición se obtendrá por interpolación lineal en dB mediante una escala lineal de frecuencias.</p> <p>El de PSD límite entre 4 y 20 kHz se obtendrá por interpolación lineal en dB mediante una escala log(f).</p> <p>Las subportadoras por debajo de f_{tr1} no se utilizarán para la transmisión (ni datos ni ninguna otra información auxiliar).</p>

Cuadro 7-5 – Parámetros de la LPM fuera de banda a altas frecuencias

f_{tr2} (MHz)	PSD _{tr2} (dBm/Hz)	Banda de transición, Δf_{th} (MHz)	Descripción
106	-76	20	<p>El límite PSD en la banda de transición (Δf_{th}) se obtendrá por interpolación lineal en dB con una escala lineal de frecuencias.</p> <p>Las subportadoras superiores f_{tr2} no se utilizarán para la transmisión (ni datos ni ninguna otra información auxiliar).</p>
212	-79	40	

7.2.2 Subportadoras enmascaradas permanentemente

Tanto en el caso del perfil de 106 MHz como el de 212 MHz, las subportadoras con índices entre 0 y 39 (inclusive) se enmascararán de manera permanente. No se utilizarán para la transmisión (ni datos ni ninguna otra información auxiliar).

7.3 Impedancia de terminación

En las dos FTU, la FTU-O y la FTU-R, se utilizará una impedancia de terminación $R_V = 100$ Ohm, puramente resistiva, en la interfaz U. En particular, se empleará $R_V = 100$ Ohm como terminación para la definición y verificación de la PSD de transmisión y de la potencia de transmisión combinada.

7.4 Máxima potencia de transmisión combinada

Los valores de la máxima potencia de transmisión combinada se han definido en esta Recomendación suponiendo que la transmisión es continua. En sistemas que utilizan la duplexión por división en el tiempo (TDD), como los descritos en [UIT-T G.9701], la transmisión en cada sentido no es continua sino que sólo se produce durante los periodos de tiempo designados. Este factor se habrá de tener en cuenta en el procedimiento de medición empleado.

La máxima potencia de transmisión combinada de la FTU-O (sentido descendente) y la FTU-R (sentido ascendente) no rebasará el nivel especificado en el Cuadro 7-1 para cualquier perfil dado, medida con la impedancia de terminación definida en la cláusula 7.3.

Pueden imponerse otras limitaciones en anexos que definan las distintas necesidades regionales (queda pendiente de estudio).

8 Verificación de la PSD de transmisión

Los valores de la máscara PSD de transmisión se han definido en esta Recomendación suponiendo que la transmisión es continua. En sistemas que utilizan la duplexión por división en el tiempo (TDD), como los descritos en [UIT-T G.9701], la transmisión en cada sentido no es continua sino que sólo se produce durante los periodos de tiempo designados. Este factor se habrá de tener en cuenta en el procedimiento de medición empleado.

La anchura de banda de medición (MBW) para calcular la PSD será la definida en el Cuadro 8-1 y estará centrada en la frecuencia del caso.

El valor de la máscara con la que se habrá de comparar será el valor máximo que toma la máscara en una ventana de $[f - \frac{1}{2} \times \text{MBW}, f + \frac{1}{2} \times \text{MBW}]$.

NOTA – Si en una determinada gama de frecuencia están definidas tanto la máscara PSD de transmisión de banda estrecha (TXPSDM_N) y la de banda ancha (TXPSDM_W), los valores de la MBW definidos en esta cláusula se refieren a las mediciones de la PSD de banda estrecha, PSD_N.

Las máscaras PSD especificadas corresponden a la impedancia de terminación de referencia, definida en la cláusula 7.3.

Cuadro 8-1 – Configuración de anchura de banda de medición para la verificación de la PSD de transmisión

Banda de frecuencias	Anchura de banda de medición (MBW)
$4 \text{ kHz} < f < 20 \text{ kHz}$	1 kHz
$20 \text{ kHz} < f < f_{ir1}$	10 kHz
$(f_{ir1} + \frac{1}{2} \times \text{MBW})$ a $(30 \text{ MHz} - \frac{1}{2} \times \text{MBW})$	1 MHz
$(30 \text{ MHz} + \frac{1}{2} \times \text{MBW})$ to $(f_{ir2} - \frac{1}{2} \times \text{MBW})$	1 MHz
$> f_{ir2}$ a 300 MHz	100 kHz
Toda banda de frecuencia eliminada	10 kHz

Apéndice I

Bandas internacionales de radioaficionados

(Este Apéndice no forma parte integrante de la presente Recomendación.)

**Cuadro I.1 – Bandas internacionales de radioaficionados
en la gama de frecuencias 0-212 MHz**

Inicio (kHz)	Fin (kHz)
1 800	2 000
3 500	4 000
7 000	7 300
10 100	10 150
14 000	14 350
18 068	18 168
21 000	21 450
24 890	24 990
28 000	29 700
50 000	54 000
70 000	70 500
144 000	148 000

Apéndice II

Bandas de radiodifusión

(Este Apéndice no forma parte integrante de la presente Recomendación)

En este Apéndice se incluyen bandas relativas a receptores que pueden encontrarse probablemente en la proximidad de la instalación, omitiendo atribuciones a tecnologías obsoletas, como la TV analógica. Por regla general, los servicios considerados son servicios de radiodifusión.

Cuadro II.1 – Bandas de radiodifusión en la gama de frecuencias hasta 212 MHz

Inicio (kHz)	Fin (kHz)	Servicio
87 500	108 000	FM
174 000	216 000	Televisión digital terrenal (Región 2)
174 000	230 000	Televisión digital terrenal/Radiodifusión digital sonora (Regiones 1 y 3)

Apéndice III

Definición de la PSD del transmisor (TXPSD) para transmisiones no continuas

(Este Apéndice no forma parte integrante de la presente Recomendación)

En este Apéndice se da una definición formal de la densidad espectral de potencia de transmisión (TXPSD) para señales formadas por un flujo de símbolos que incluye periodos de silencio, como las señales producidas por los sistemas DMT por división en el tiempo.

En este Apéndice se define la TXPSD aplicable a un flujo de símbolos transmitidos, a un flujo perforado de símbolos o a un flujo continuo de símbolos. Los símbolos transmitidos son todos los símbolos transmitidos en el periodo de transmisión para el sentido de transmisión. Quedan excluidas las posiciones de los símbolos de silencio en el periodo de transmisión. No se define una técnica de medición.

En este Apéndice se define la TXPSD mediante una variable intermedia, la "PSD de símbolos del transmisor" (TXSPSD). La TXSPSD se define en relación con la esperanza de la densidad espectral de energía (ESD) de los símbolos transmitidos en un determinado sentido.

La ESD de un forma de onda de tensión de símbolos $V_s(t)$ puede obtenerse a partir de la impedancia de referencia de 100Ω .

$$ESD(V_s, f) = \frac{1}{R_0} \left| \int_{-\infty}^{\infty} V_s(t) \cdot e^{-i2\pi ft} dt \right|^2 \text{ (en unidades de Joule/Hz)}$$

$$R_0 = 100 \Omega$$

La TXSPSD puede obtenerse a partir de la esperanza ESD durante un conjunto de símbolos transmitidos.

$$TXSPSD(f) = f_{DMT} \cdot E[ESD(V(t), f); V \in S] \text{ (en unidades de W/Hz)}$$

$$S = \{S_0, S_1, \dots, S_N\}$$

S_0, S_1, \dots, S_N es una secuencia válida de símbolos transmitidos

$E[x]$ es la esperanza estadística de x .

Esta normalización al periodo de símbolos garantiza que el límite de una secuencia infinita de símbolos tiene una TXSPSD que converge a la PSD clásica obtenida a partir de la transformada de Fourier de la función de autocorrelación.

La TXPSD verificable se define en un determinado ancho de banda bw , mediante la siguiente expresión:

$$TXPSD(bw, f) = 30 + 10 \times \log_{10} \left(\frac{1}{bw} \int_{f-\frac{bw}{2}}^{f+\frac{bw}{2}} TXSPSD(f_b) df_b \right) \text{ (en unidades de dBm/Hz)}$$

$TXPSDM(f)$ es el nivel máximo permitido de $TXPSD(bw, f)$ de una secuencia de símbolos larga.

Los métodos para verificar la conformidad quedan fuera del alcance de la presente Recomendación.

SERIES DE RECOMENDACIONES DEL UIT-T

Serie A	Organización del trabajo del UIT-T
Serie D	Principios generales de tarificación
Serie E	Explotación general de la red, servicio telefónico, explotación del servicio y factores humanos
Serie F	Servicios de telecomunicación no telefónicos
Serie G	Sistemas y medios de transmisión, sistemas y redes digitales
Serie H	Sistemas audiovisuales y multimedia
Serie I	Red digital de servicios integrados
Serie J	Redes de cable y transmisión de programas radiofónicos y televisivos, y de otras señales multimedia
Serie K	Protección contra las interferencias
Serie L	Medio ambiente y TIC, cambio climático, ciberdesechos, eficiencia energética, construcción, instalación y protección de los cables y demás elementos de planta exterior
Serie M	Gestión de las telecomunicaciones, incluida la RGT y el mantenimiento de redes
Serie N	Mantenimiento: circuitos internacionales para transmisiones radiofónicas y de televisión
Serie O	Especificaciones de los aparatos de medida
Serie P	Terminales y métodos de evaluación subjetivos y objetivos
Serie Q	Conmutación y señalización
Serie R	Transmisión telegráfica
Serie S	Equipos terminales para servicios de telegrafía
Serie T	Terminales para servicios de telemática
Serie U	Conmutación telegráfica
Serie V	Comunicación de datos por la red telefónica
Serie X	Redes de datos, comunicaciones de sistemas abiertos y seguridad
Serie Y	Infraestructura mundial de la información, aspectos del protocolo Internet y Redes de la próxima generación
Serie Z	Lenguajes y aspectos generales de soporte lógico para sistemas de telecomunicación