

UIT-R

Sector de Radiocomunicaciones de la UIT

Recomendación UIT-R F.1191-3
(05/2011)

**Anchuras de banda necesarias y ocupadas
y emisiones no deseadas de los sistemas
digitales del servicio fijo**

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
BO	Distribución por satélite
BR	Registro para producción, archivo y reproducción; películas en televisión
BS	Servicio de radiodifusión sonora
BT	Servicio de radiodifusión (televisión)
F	Servicio fijo
M	Servicios móviles, de radiodeterminación, de aficionados y otros servicios por satélite conexos
P	Propagación de las ondas radioeléctricas
RA	Radioastronomía
RS	Sistemas de detección a distancia
S	Servicio fijo por satélite
SA	Aplicaciones espaciales y meteorología
SF	Compartición de frecuencias y coordinación entre los sistemas del servicio fijo por satélite y del servicio fijo
SM	Gestión del espectro
SNG	Periodismo electrónico por satélite
TF	Emisiones de frecuencias patrón y señales horarias
V	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, 2011

© UIT 2011

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.1191-3*

Anchuras de banda necesarias y ocupadas y emisiones no deseadas de los sistemas digitales del servicio fijo

(1995-1997-2001-2011)

Cometido

En esta Recomendación se explican los términos básicos relativos a las emisiones no deseadas y las anchuras de banda de los sistemas digitales del servicio fijo a fin de aclarar la aplicación de las definiciones del Reglamento de Radiocomunicaciones y las Recomendaciones UIT-R SM.328 y UIT-R SM.329. Además se dan orientaciones sobre estos temas a los diseñadores de equipos o sistemas del servicio fijo.

También se aborda la anchura de banda ocupada de los sistemas multiportadora y los requisitos de emisiones fuera de banda de los sistemas utilizados en el bloque de asignaciones.

La Asamblea de Radiocomunicaciones de la UIT,

considerando

- a) que es necesario que los diseñadores de sistemas digitales del servicio fijo (DFSS, *digital fixed service systems*) dispongan de directrices sobre la aplicación de los términos relativos a la anchura de banda y las emisiones no deseadas;
- b) que es poco probable que las emisiones fuera de banda procedentes de los DFSS causen interferencias importantes a los sistemas que funcionan en bandas adyacentes, porque:
 - el espectro energético de un DFSS se desvanece rápidamente fuera de la anchura de banda ocupada;
 - la p.i.r.e. de un DFSS con visibilidad directa es baja o media;
 - no se utilizan en general los DFSS transhorizonte con p.i.r.e. elevadas;
- c) que desde el punto de vista de la interferencia a otros sistemas que comparten la misma banda de frecuencias, la interferencia debida a las emisiones fuera de banda será, en general, menos importante que la debida a las emisiones dentro de la anchura de banda necesaria;
- d) que normalmente los diseñadores de los DFSS tienen en cuenta los problemas relacionados con la interferencia dentro del sistema, que pueden ser causados por emisiones no deseadas;
- e) que en la Recomendación UIT-R F.746 se define una banda de guarda en los bordes de la banda de frecuencias ZS, conforme se indica en las correspondientes Recomendaciones UIT-R, para controlar los desbordamientos de energía en las bandas adyacentes atribuidas;
- f) que no siempre es posible o conveniente hacer que la anchura de banda ocupada de un DFSS sea menor o igual que la anchura de banda del radiocanal de la correspondiente disposición de radiocanales establecida para la banda en cuestión por el UIT-R o una instancia reglamentadora nacional;

* Esta Recomendación debe señalarse a la atención de la Comisión de Estudio 1 de Radiocomunicaciones.

- g) que en la mayoría de bandas atribuidas al servicio fijo a título primario, la configuración de canales de radiofrecuencias (RF) suele estar definida por una Recomendación UIT-R pertinente o por la autoridad nacional de reglamentación;
- h) que dentro de la banda atribuida, la coordinación entre sistemas del servicio fijo basados en una disposición de radiocanales se ajusta al método de utilización eficaz del espectro resumido en la Recomendación UIT-R F.746 y al comportamiento estadístico de la propagación que se describe en las Recomendaciones UIT-R P.530 y UIT-R F.1093;
- j) que los DFSS, con una aleatorización adecuada, tienen en general una densidad espectral y emisiones no deseadas cuyos factores de potencia de cresta se pueden considerar, de forma conservadora, similares a ruido;
- k) que los DFSS generan emisiones no deseadas formadas por componentes similares a ruido y discretos, tanto en el dominio de las emisiones fuera de banda como en el dominio no esencial;
- l) que los sistemas multiportadora y uniportadora se utilizan ampliamente en los DFSS,

observando

- a) que la Recomendación UIT-R SM.328 proporciona información acerca de la evolución de la emisión espectral fuera de banda para distintos formatos de modulación;
- b) que en la Recomendación UIT-R SM.329 se establecen los límites y la anchura de banda de referencia de las emisiones no deseadas en el dominio no esencial de todos los servicios, incluido el servicio fijo;
- c) que en la Recomendación UIT-R SM.1541 se establecen los límites genéricos de las emisiones no deseadas en el dominio fuera de banda para la mayoría de servicios, incluido el servicio fijo (véase la Nota 1);
- d) que en la Recomendación UIT-R SM.1539 se dan orientaciones sobre la variación de la frontera entre el dominio fuera de banda y el dominio no esencial en emisiones en banda muy estrecha y en banda muy ancha,

recomienda

- 1 que se apliquen a los DFSS los siguientes términos:

1.1 Banda de frecuencias atribuida

En el caso de los DFSS, se puede considerar que la banda de frecuencias atribuida es la banda de frecuencias total atribuida al servicio fijo a título primario o en régimen de compartición con igualdad de derechos.

1.2 Banda de frecuencias asignadas

A los fines de la presente Recomendación este término puede también aplicarse a un bloque de espectro asignado a una o más estaciones de un operador conforme a una licencia exclusiva única (*block-assignment*, asignación de bloque, véanse los ejemplos de las Recomendaciones UIT-R F.1488, UIT-R F.748 y UIT-R F.749).

Dentro de una asignación de un solo bloque, el diseñador del sistema puede, en general, subdividir el bloque en subbloques más pequeños y adecuados a fin de desplegar una red radioeléctrica en la zona geográfica en la que se ha efectuado la asignación dentro de las condiciones especificadas anteriormente (véase la Recomendación UIT-R F.1399).

1.3 Separación de radiocanales

Anchura de banda igual a la separación de frecuencia, definida en la Recomendación UIT-R F.746, de los canales adyacentes de la correspondiente disposición de radiocanales establecida en la banda de frecuencias atribuida.

1.4 Banda de guarda

Anchura de banda igual a la separación de frecuencia, definida en la Recomendación UIT-R F.746 como ZS , entre la frecuencia central nominal del canal más periférico de una disposición de radiocanales y el límite de la banda atribuida.

1.5 Sistema multiportadora

Sistemas en los cuales se pueden transmitir simultáneamente múltiples subportadoras desde un amplificador final de salida o una antena activa en un canal asignado de la configuración de canales pertinente, o en una parte del espectro específica;

2 que se apliquen a los DFSS los siguientes términos y objetivos de diseño específicos; la Fig. 1 contiene un ejemplo de estos objetivos y definiciones;

2.1 para los DFSS el valor del porcentaje $\beta/2$ debe ser 0,5%; se supone este porcentaje para transmisores de una sola portadora; en el caso de sistemas multiportadora, este porcentaje, con respecto a la potencia total del conjunto completo de subportadoras se debe reducir en función del número de subportadoras y de la anchura de banda (véase el § 3 del Anexo 1 para más detalles);

2.2 para los DFSS se ha de considerar que la anchura de banda necesaria tiene el mismo valor que la anchura de banda ocupada;

2.3 según el tipo de disposición de radiocanales utilizada (véase la Nota 2), la capacidad y el formato de modulación de la señal transmitida, los DFSS similares que funcionan en el servicio fijo podrán tener una anchura de banda necesaria no mayor del 20% de la separación de radiocanales (véase la Nota 2); no obstante como los sistemas distintos que funcionan en la misma banda pueden dar lugar a ciertas incompatibilidades, la relación entre la separación de radiocanales y la anchura de banda necesaria requiere nuevos estudios;

2.4 la anchura de banda ocupada se debe determinar por el método de analizador de espectro descrito en la Recomendación UIT-R SM.328 o, siempre que sea posible, mediante una evaluación o integración numérica del espectro emitido real, según se indica en el Anexo 1;

2.5 cuando se efectúan transmisiones en ráfaga (por ejemplo, en los DFSS con acceso múltiple por división en el tiempo (AMDT)), las anchuras de banda y las emisiones se deben efectuar promediando la potencia a lo largo de la duración de la ráfaga;

2.6 los DFSS deben utilizar circuitos de aleatorización adecuados para que todas las emisiones espectrales (tanto deseadas como no deseadas) sean independientes del tren de datos de entrada;

2.7 toda emisión no deseada que corresponde a frecuencias separadas de la frecuencia central del canal de radiofrecuencia menos el 250% de la separación de canales pertinente, en la que se prevé utilizar el sistema, se considerará generalmente una emisión no deseada en el dominio fuera de banda (véase la Nota 4). Cuando el DFSS esté destinado a una banda de frecuencias donde no se ha establecido una configuración de canales, se utilizará para evaluar el límite del 250% la anchura de banda necesaria en lugar de la separación de canales;

2.8 toda emisión no deseada que corresponde a frecuencias separadas de la frecuencia central del canal de radiofrecuencia el 250% o más de la separación de canales pertinente, en la que se prevé utilizar el sistema, se considerará generalmente una emisión no esencial en el dominio no esencial (véase la Nota 4). Cuando el DFSS esté destinado a una banda de frecuencias donde no se ha establecido una configuración de canales, se utilizará para evaluar el límite del 250% la anchura de banda necesaria en lugar de la separación de canales;

2.9 por encima y por debajo de los límites de la anchura de banda necesaria, el nivel de potencia media admisible de la emisión no deseada debe ser inferior o igual al 0,5% de la potencia media transmitida total en el puerto de la antena radioeléctrica (véase la Nota 3); en el caso de sistemas multiportadora esta regla se aplicará a las subportadoras más alejadas;

2.10 desde el punto de vista de la reglamentación internacional, actualmente puede no ser necesario imponer ninguna limitación adicional a la forma espectral de las emisiones no deseadas de los DFSS;

2.11 los niveles de las emisiones no esenciales, la gama de frecuencias para su medición y la anchura de banda de referencia en la que se determinan los niveles deben ser los definidos en la Recomendación UIT-R SM.329 (véase la Nota 4). Cuando se hacen asignaciones en bloque con carácter exclusivo, los transmisores que funcionan en subcanales divididos por el operador autorizado pueden en principio estar exentos, dentro del bloque, del cumplimiento de los límites de emisiones no deseadas que se han de satisfacer fuera del bloque; sin embargo, en las fronteras entre países debe establecerse un acuerdo entre las administraciones afectadas puesto que estas administraciones pueden tener autorización de utilización de la banda de un modo diferente;

2.12 cualquier límite de emisiones no deseadas en el dominio fuera de banda «red de seguridad» desarrollado por el UIT-R debe considerarse un límite absoluto para el caso más desfavorable al que debe ajustarse cualquier nuevo diseño DFSS;

2.13 si las administraciones que comparten el borde de una misma banda no acuerdan otra cosa, los transmisores radioeléctricos fijos digitales que funcionen en las frecuencias de los canales más periféricos de una disposición de radiocanales deben tener una anchura de banda ocupada tal que la suma de la parte más periférica de ésta con respecto a la frecuencia central del canal más el valor absoluto de la tolerancia de frecuencia (véase la Nota 5) arroje una anchura de banda inferior o igual al valor de ZS definido en el § 1.4.

NOTA 1 – El límite genérico se considera por lo general una envolvente de casos más desfavorables basada en los límites de emisión fuera de banda más restrictivos utilizados con éxito como reglamentación nacional o regional en zonas de alta densidad de radiocomunicaciones y que representan una porción importante de la base de la fabricación de radiocomunicaciones. El término «por lo general» se aplica para cubrir los casos excepcionales en que puede haberse utilizado una plantilla particularmente no restrictiva, por ejemplo, para alentar el desarrollo de equipos en una banda no atractiva (véase el *observando c*)).

2.14 que las siguientes Notas 2 a 5 se consideran parte de la presente Recomendación.

NOTA 2 – Para la definición de las disposiciones de radiocanales alternada de reutilización de banda en modo canal común y de reutilización de banda en modo entrelazado, véase la Recomendación UIT-R F.746. La separación de canales se define como $XS/2$ para las disposiciones de canales alternados y como XS para las disposiciones cocanal y de frecuencias entrelazadas.

NOTA 3 – Debido a posibles problemas de incompatibilidad, hay que actuar con cautela al aplicar esta Recomendación a los sistemas de gran capacidad, a las bandas que tienen sistemas distintos en canales adyacentes y a las bandas compartidas con otros servicios.

NOTA 4 – En la Recomendación UIT-R SM.1539 pueden encontrarse orientaciones sobre las variaciones de los límites en el caso de las emisiones en banda muy estrecha y en banda muy ancha. Además, dado que la Recomendación UIT-R SM.329 permite valores límites distintos de $\pm 250\%$, a continuación figuran las siguientes recomendaciones provisionales para los DFSS que funcionan por encima de 1 GHz con una separación de canales inferior a 2 MHz:

- que el límite entre las emisiones no esenciales y las emisiones fuera de banda se establezca en $\pm 500\%$ de la separación de canales;
- que la anchura de banda de referencia sea de 100 kHz en la gama de frecuencias entre este límite y ± 20 MHz de la frecuencia central nominal;

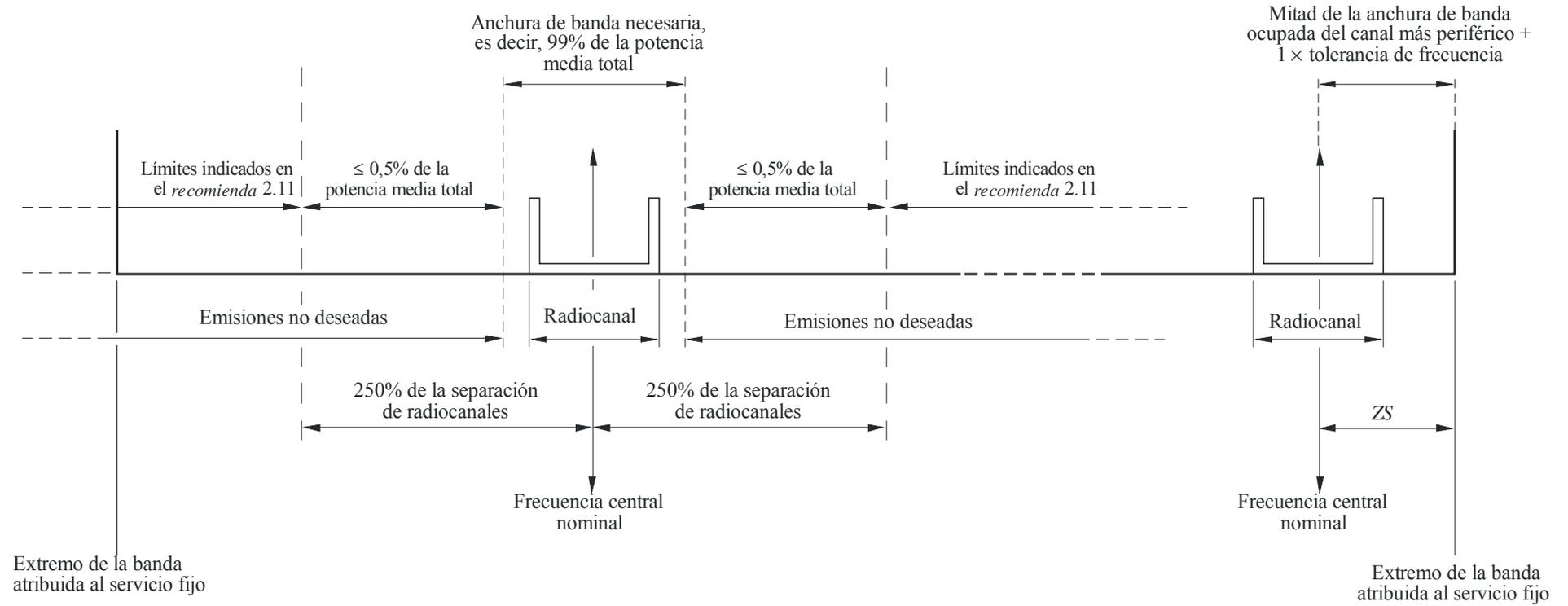
y también para los DFSS que funcionan por encima de 1 GHz con una potencia del transmisor de 20 W o más y con una separación de canales entre 2 y 14 MHz:

- que el límite entre las emisiones no esenciales y las emisiones fuera de banda se establezca en $\pm 250\%$ de la separación de canal;
- que la anchura de banda de referencia sea de 100 kHz en la gama de frecuencias entre este límite y ± 70 MHz de la frecuencia central nominal.

NOTA 5 – La determinación precisa de los valores de tolerancia de frecuencia corresponde a las instancias reglamentadoras nacionales.

FIGURA 1

Objetivos de atenuación de las emisiones no deseadas y definición de las anchuras de banda de los DFSS

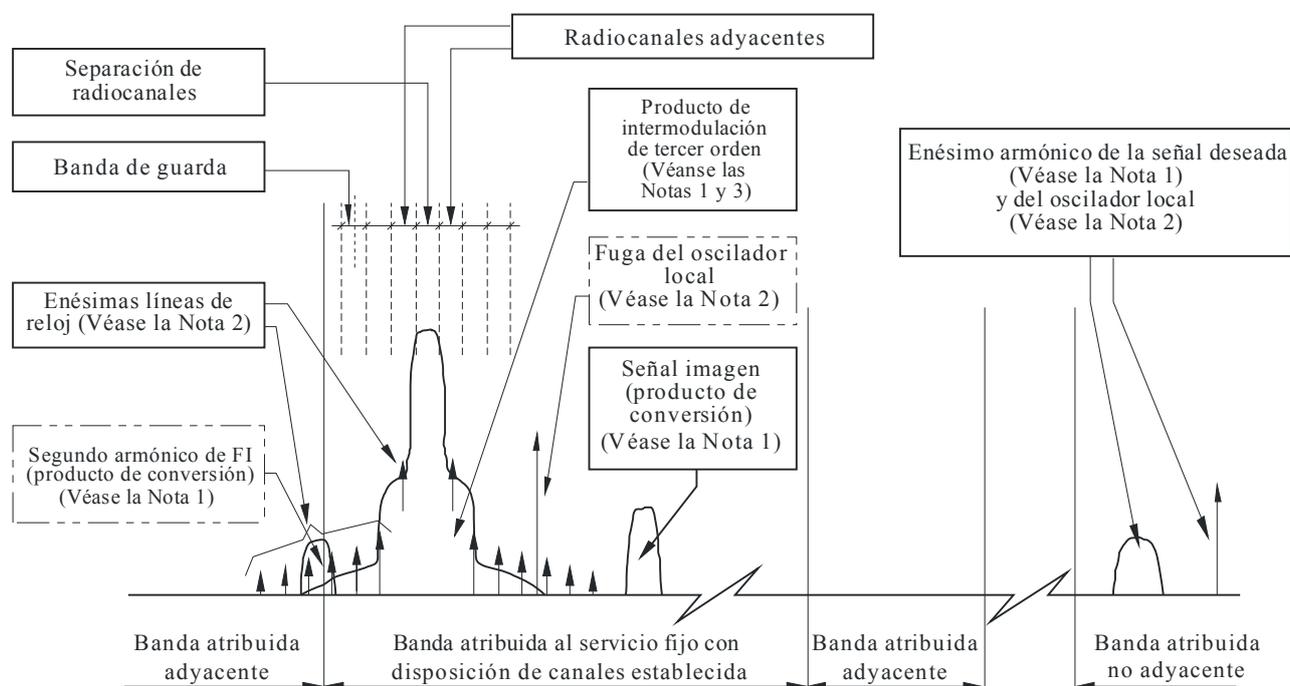


Anexo 1

1 Escenario de emisión característico de un DFSS

En la Fig. 2 se muestra el escenario característico, basado en las emisiones típicas y más importantes de un transmisor de relevador radioeléctrico digital heterodino. No se muestran otras emisiones (por ejemplo, otros productos de conversión y componentes residuales de la generación de la portadora). Algunas emisiones no deseadas (por ejemplo, productos de conversión y fugas del oscilador local) no se aplican en el caso de los transmisores RF con modulación directa.

FIGURA 2
Bandas de frecuencias y emisiones no deseadas de un DFSS (escenario característico)



Nota 1 – Ejemplo de componente de emisiones no deseadas similar al ruido.

Nota 2 – Ejemplo de una componente discreta de emisiones no deseadas.

Nota 3 – La falta de linealidad debida al transmisor da lugar a una emisión fuera de banda que es inmediatamente adyacente a la anchura de banda necesaria, debido a los productos de intermodulación de orden impar.

2 Cálculo de la anchura de banda ocupada

Generalmente, el espectro de potencia normalizado $W(f)$ de una portadora modulada de un DFSS se puede expresar como sigue:

$$W(f) = S(f) \left(\frac{\text{sen}(\pi f T)}{\pi f T} \right)^2 \quad (1)$$

siendo:

$S(f)$: respuesta de frecuencia del filtro de conformación del transmisor.

f : separación de frecuencia respecto de la portadora.

T : anchura del impulso.

Por lo tanto, la anchura de banda ocupada, B_0 , viene dada por:

$$\int_{-B_0/2}^{+B_0/2} W(f) df = 0,99 \int_{-\infty}^{+\infty} W(f) df \quad (2)$$

2.1 Caso de señales con modulación de fase y amplitud, y conformación ideal de caída en raíz cuadrada de coseno

En muchos casos se utilizan filtros de conformación del tipo caída en raíz cuadrada de coseno en el lado del transmisor, y la respuesta de frecuencia ideal viene dada por:

$$S(f) = \begin{cases} \left(\frac{\pi f T}{\text{sen}(\pi f T)} \right)^2 & \text{para } |f| \leq \frac{1 - \alpha}{2T} \\ \frac{1}{2} \left(1 - \text{sen} \left[\frac{\pi T}{\alpha} \left(|f| - \frac{1}{2T} \right) \right] \right) \left(\frac{\pi f T}{\text{sen}(\pi f T)} \right)^2 & \text{para } \frac{1 - \alpha}{2T} < |f| \leq \frac{1 + \alpha}{2T} \\ 0 & \text{para } \frac{1 + \alpha}{2T} \leq |f| \end{cases} \quad (3)$$

donde α es el factor de caída comprendido entre 0 y 1.

Sustituyendo la ecuación (3) en las ecuaciones (1) y (2) se obtiene la anchura de banda ocupada ideal, a saber:

$$B_0 = 2 K(\alpha) / T \quad (4)$$

siendo $K(\alpha)$ una función de α , que se calcula como se indica en el Cuadro 1.

Así pues, la anchura de banda ocupada se puede calcular mediante la ecuación (4) y el Cuadro 1.

CUADRO 1
Valores de $K(\alpha)$

α	$K(\alpha)$
0,1	0,510
0,2	0,537
0,3	0,567
0,4	0,600
0,5	0,634
0,6	0,669
0,7	0,705
0,8	0,742
0,9	0,779
1,0	0,816

2.2 Caso de señales con modulación de fase y amplitud y otros filtros de conformación

A veces se utilizan realizaciones diferentes y otros tipos de filtro de conformación. En tales casos es necesario efectuar las evaluaciones numéricas complejas de la ecuación (2), y son actualmente objeto de estudio.

2.3 Caso de señales con modulación de frecuencia y fase

Estos casos se están estudiando.

3 Anchura de banda ocupada para el funcionamiento con múltiples subportadoras

3.1 Caso de subportadoras homogéneas e igualmente distanciadas

En algunos casos un transmisor de DFSS puede comprender múltiples subportadoras moduladas por separado y amplificadas por un amplificador común o una antena activa. Se pueden denominar también comúnmente sistemas multiportadora (véase la Nota 1).

La anchura de banda ocupada, B_0 , para este tipo de funcionamiento se debe calcular como sigue:

$$B_0 = b_0 + (m - 1) \Delta F \quad (5)$$

siendo:

b_0 : anchura de banda ocupada de una portadora

m : número de subportadoras

ΔF : separación entre las frecuencias centrales de subportadoras adyacentes.

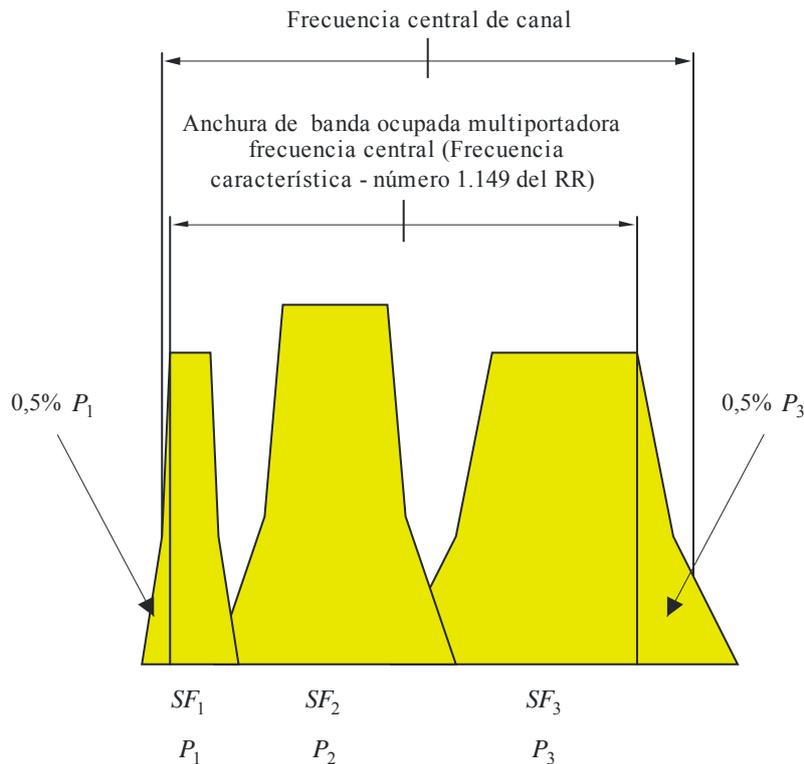
La ecuación (5) supone que las múltiples subportadoras son homogéneas y se encuentran igualmente distanciadas y que el ruido del transmisor es despreciable si se compara con la potencia fuera de banda de las subportadoras más alejadas. Sin embargo, cabe destacar que en este caso el valor del porcentaje $\beta/2$ evaluado sobre la potencia total de todas las subportadoras es $0,5/m$ %.

NOTA 1 – A los fines de la presente Recomendación los sistemas que utilizan la modulación por división de frecuencia ortogonal (MDFO) no se consideran sistema multiportadora; en estos sistemas las múltiples subportadoras no se modulan independientemente.

3.2 Caso de un número arbitrario de subportadoras separadas arbitrariamente en frecuencia con potencias diferentes

En la Fig. 3 se muestra un ejemplo genérico de este caso.

FIGURA 3
Ejemplo genérico de un sistema de tres subportadoras con diferentes símbolos de frecuencias de símbolos y potencias



F.1191-03

En la Fig. 3 se muestran los conceptos genéricos de frecuencias centrales y anchura de banda ocupada para los sistemas multiportadora con subportadoras arbitrarias.

Los porcentajes de potencia que sobrepasan la anchura de banda ocupada definida, con respecto a la potencia total del sistema se evalúan como:

$$\text{Borde inferior: } \beta/2_L = 0,5 \frac{P_1}{P_1 + P_2 + P_3} \quad \%$$

$$\text{Borde superior: } \beta/2_U = 0,5 \frac{P_3}{P_1 + P_2 + P_3} \quad \%$$

El centro de la anchura de banda ocupada definida puede desplazarse desde la frecuencia central de canal considerando la igualdad de la caída de potencia en la parte exterior de ambos lados del canal.