

UIT-R

Sector de Radiocomunicaciones de la UIT

Recomendación UIT-R SM.1792-0
(02/2007)

**Medición de emisiones en banda lateral
de los transmisores T-DAB y DVB-T
a efectos de comprobación técnica**

Serie SM
Gestión del espectro



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 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	Radio astronomía
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 SM.1792-0*

**Medición de emisiones en banda lateral de los transmisores
T-DAB y DVB-T a efectos de comprobación técnica**

(2007)

Cometido

En la presente Recomendación se dan orientaciones a sobre los procedimientos de medición y se especifican configuraciones para medir las emisiones de los transmisores T-DAB y DVB-T a efectos de verificar la conformidad con las respectivas máscaras del espectro.

Palabras clave

Procedimientos de medición, medición de las emisiones, T-DAB, DVB-T

La Asamblea de Radiocomunicaciones de la UIT,

considerando

- a) que en la Recomendación UIT-R BS.1660 se definen las máscaras del espectro mediante la especificación de los límites de las emisiones en el dominio fuera de banda de los transmisores T-DAB (radiodifusión sonora digital terrenal);
- b) que en el Anexo 2 de las Actas Finales de la CRR-06 se definen las máscaras espectrales mediante la especificación de los límites de las emisiones en el dominio fuera de banda de los transmisores DVB-T (televisión digital terrenal);
- c) que la probabilidad de que las emisiones de T-DAB o DVB-T causen interferencia perjudicial a los servicios de radiocomunicaciones adyacentes es especialmente elevada debido a la forma rectangular del espectro que sitúa el máximo nivel de la señal en los extremos de la anchura de banda asignada;
- d) que las estaciones de comprobación técnica tienen que determinar la conformidad con las respectivas máscaras de los transmisores T-DAB y DVB-T, preferiblemente cuando están emitiendo, con el fin de proteger contra interferencia perjudicial a los servicios de radiocomunicaciones adyacentes;
- e) que la gama dinámica de los analizadores de espectro no es suficiente para medir las emisiones fuera de banda procedentes de estos transmisores,

recomienda

- 1 que al medir las emisiones T-DAB y DVB-T para determinar la conformidad con las máscaras del espectro correspondientes se utilice el método descrito en el Anexo 1.

* La Comisión de Estudio 1 de Radiocomunicaciones introdujo algunas modificaciones redaccionales en esta Recomendación en 2019, de conformidad con la Resolución UIT-R 1.

Anexo 1

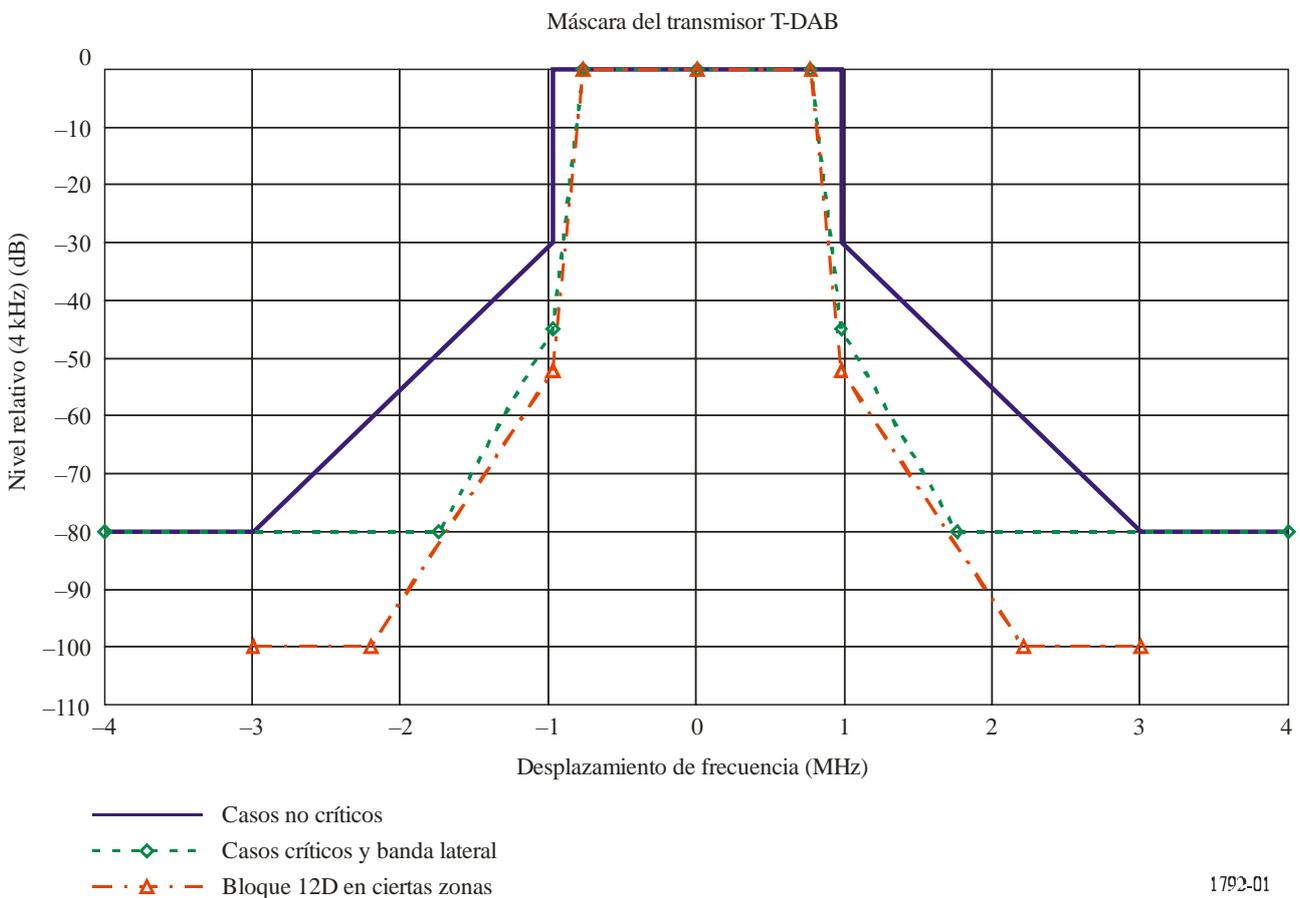
1 Máscaras del espectro

Para proteger los servicios de radiocomunicaciones, se han definido máscaras del espectro en la proximidad de las emisiones principales. El nivel de toda emisión fuera de banda o no esencial debe ser inferior al de la máscara.

1.1 T-DAB

Para el caso de los transmisores T-DAB, en la Recomendación UIT-R BS.1660 se definen las siguientes máscaras del espectro:

FIGURA 1
Emisiones fuera de banda de los transmisores T-DAB



Nota – La máscara correspondiente a los casos críticos se aplica a los canales inferior y superior en la banda atribuida para proteger los servicios de radiocomunicaciones adyacentes, mientras que la correspondiente a los casos no críticos se aplica a la banda atribuida.

Las frecuencias de cambio de pendiente de la máscara son $\pm 0,77$ MHz, $\pm 0,97$ MHz, $\pm 1,75$ MHz y $\pm 2,2$ MHz. En esta máscara se parte del supuesto de que se utiliza un filtro de 4 kHz en las mediciones.

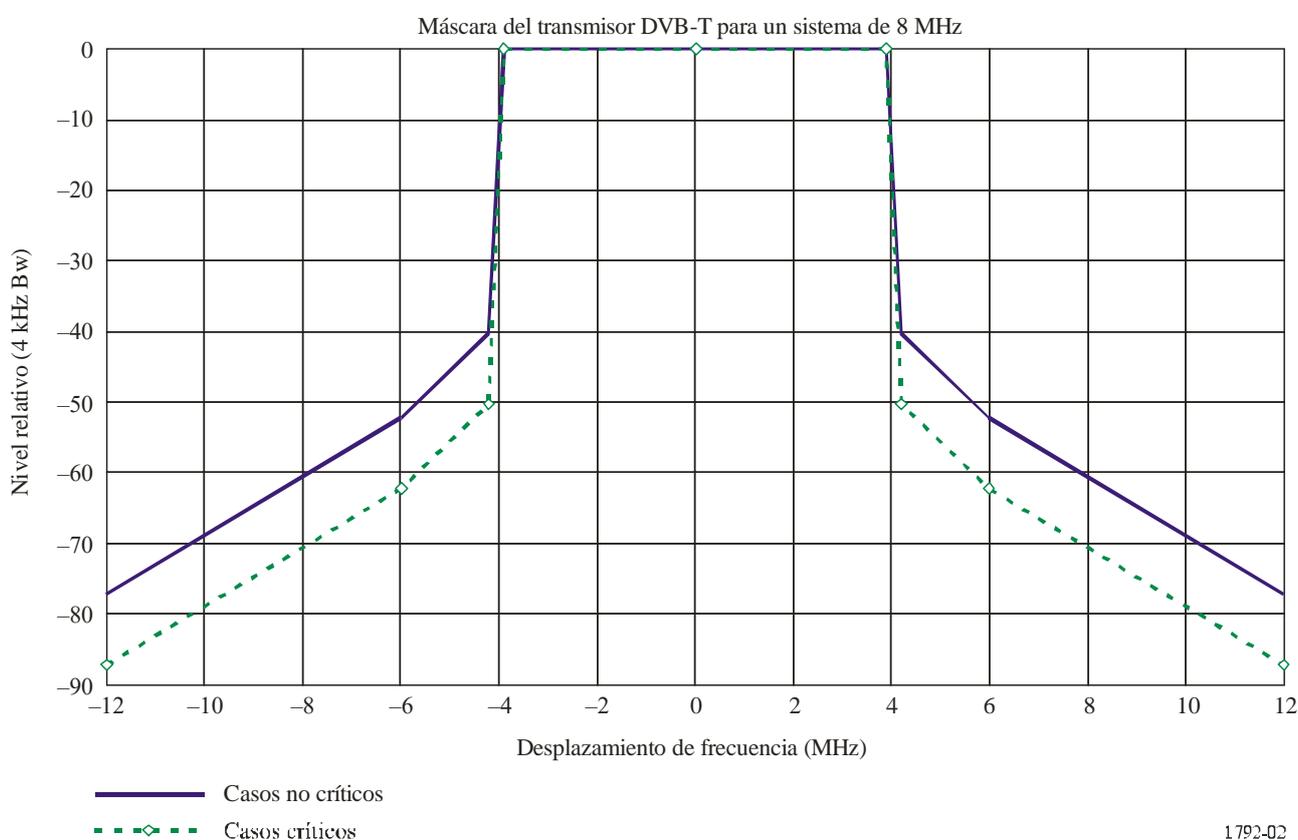
1.2 DVB-T

En el caso de los transmisores DVB-T, el Anexo 2 a las Actas Finales de la CRR-06 define máscaras del espectro para los sistemas DVB-T. A título de ejemplo, en la Fig. 2 se muestra la máscara para una anchura de canal de 8 MHz.

2 Medición de las emisiones en la banda lateral de los transmisores T-DAB y DVB-T¹

2.1 Como puede verse en las Figs. 1 y 2, en general el máximo nivel de las emisiones en la banda lateral de los transmisores T-DAB y DVB-T pueden llegar a atenuarse hasta -101 dB, por debajo de la máxima potencia en el canal asignado, medido en la misma anchura de banda que la del receptor. Para que las mediciones de las emisiones reales en la banda lateral sean fiables, el equipo de medición debe tener una gama dinámica de al menos 110 dB. La gama dinámica de los modernos receptores de comprobación técnica o de los analizadores de espectro que gira en torno a los 80 dB no es suficiente para medir directamente la conformidad con las máscaras.

FIGURA 2
Emisiones fuera de banda de los transmisores DVB-T de 8 MHz



Nota – La máscara correspondiente a los casos críticos se aplica a los canales inferior y superior en la banda atribuida para proteger los servicios de radiocomunicaciones adyacentes, mientras que la correspondiente a los casos no críticos se aplica a la banda atribuida.

¹ Las mediciones para la T-DAB también pueden utilizarse para otros sistemas; por ejemplo, radiodifusión de multimedia digital terrenal (T-DMB) (véase el Informe UIT-R BT.2069).

Las frecuencias de cambio de pendiente de la máscara son $\pm 3,9$ MHz y $\pm 4,2$ MHz.

En esta máscara se parte del supuesto de que se utiliza un filtro de 4 kHz en las mediciones.

2.2 Principio de medición

Para aumentar la gama dinámica del receptor de medición, en primer lugar se filtran las señales T-DAB o DVB-T a fin de eliminar la señal principal y dejar pasar las emisiones fuera de banda. Luego, se realiza un barrido de las señales que incluyen una banda lateral en el dominio fuera de banda mediante este filtro con una anchura de banda de pequeña resolución y seguidamente se registran los niveles espectrales resultantes.

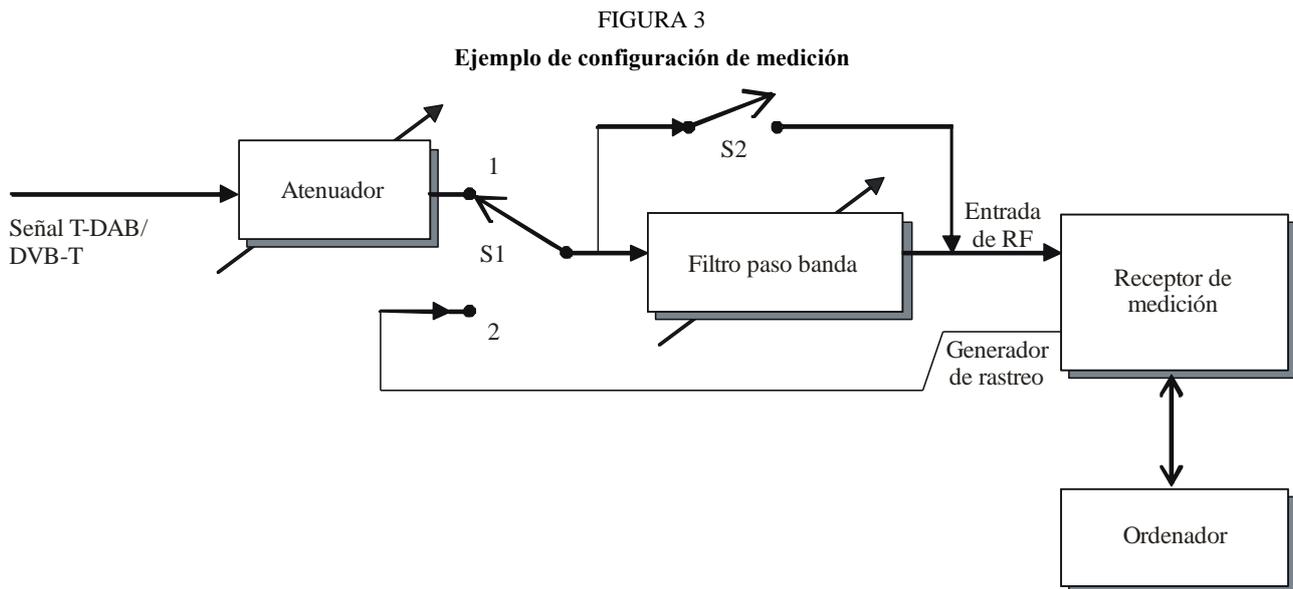
Se realiza un segundo barrido para registrar la respuesta en frecuencia del filtro (atenuación) en esa misma gama de frecuencias.

Por último, se suman los niveles espectrales obtenidos del primer barrido para obtener el espectro real no filtrado.

La ganancia que puede lograrse en la dinámica de las mediciones dependerá únicamente de la característica abrupta del filtro.

2.3 Configuración de la medición

Para realizar las mediciones de acuerdo con el principio descrito antes, pueden emplearse diversas configuraciones. En la siguiente configuración de ejemplo están separadas las unidades de receptor, filtro y controlador de medición:



Los requisitos de la configuración de medición precedente son los siguientes:

CUADRO 1

Requisitos de la configuración de medición de ejemplo

Elemento	Función, requisitos y observaciones
Atenuador	Sirve para ajustar el nivel de entrada de la señal T-DAB/DVB-T al máximo nivel del que puede soportar el receptor sin que se produzca sobrecarga. Sensibilidad de ajuste: 1 dB
Filtro	Suprime la señal principal T-DAB/DVB-T y deja pasar las emisiones en la banda lateral. Puede tratarse de un filtro paso banda o de banda eliminada. Si se utiliza un filtro paso banda, la mínima anchura de banda a 3 dB para las mediciones debe ser 8 MHz para la DVB-T y 2 MHz para la T-DAB. El filtro debe ser sintonizable dentro de la gama de frecuencias deseada
Receptor	Sirve para registrar los niveles del espectro. Debe estar equipado de un generador de seguimiento y una interfaz que permita el control a distancia y la lectura de datos. La anchura de banda de pequeña resolución tiene que estar entre 3 kHz y 8 kHz (preferiblemente, 4 kHz). Detector: preferiblemente de valor eficaz, y como opción de valor medio
Ordenador	Se emplea para recibir y adquirir los datos. Tiene que estar dotado de una interfaz adecuada para conectarlo al receptor (por ejemplo, LAN o IEEE 488)

También son posibles otras configuraciones de medición, por ejemplo:

- Todas las unidades integradas en un solo dispositivo especialmente diseñado para medir de manera automática o semiautomática las emisiones T-DAB/DVB-T en la banda lateral.
- El receptor puede ser un analizador de espectro.
- El receptor o analizador puede incluir las funciones del ordenador.
- Puede emplearse un generador de señales externo en lugar de un generador de seguimiento interno. La frecuencia del generador de señales se controlará desde el ordenador y estará sincronizada con el receptor o analizador.

2.4 Procedimiento de medición

Para explicar el procedimiento de medición, a continuación se utiliza como ejemplo la medición de una banda lateral superior de una señal DVB-T de 8 MHz de anchura de banda que transmite a 650 MHz.

2.4.1 Recepción de la señal sin reflexiones

Las emisiones en la banda lateral de las señales T-DAB/DVB-T pueden medirse a la salida de prueba del transmisor o por recepción radioeléctrica. Para asegurarse de que el nivel de la señal sea suficiente en el caso de la recepción radioeléctrica, se elegirá un punto de medición en el haz principal próximo al transmisor. Ahora bien, aun cuando exista visibilidad directa y sin obstáculos de la antena transmisora, las reflexiones pueden causar distorsión selectiva en frecuencia de la señal. Para medir la banda lateral es preciso que no se produzcan reflexiones en la recepción de la señal T-DAB/DVB-T. Con objeto de asegurar que se cumple esta condición, se debe visualizar la señal en un analizador de espectro o realizar manualmente un barrido de la misma utilizando el receptor. La parte plana de la señal T-DAB/DVB-T principal no debe tener una variación mayor de ± 2 dB.

2.4.2 Determinación del máximo nivel de la señal

En primer lugar, se mide el máximo nivel de la señal T-DAB/DVB-T que admite el receptor sin que se recorte la misma por sobrecarga. Este nivel no debe tomarse de las especificaciones del receptor, puesto que en éstas sólo se indica la gama dinámica para portadoras no moduladas. En el caso de señales moduladas de banda ancha, como la T-DAB o la DVB-T, el máximo nivel es considerablemente inferior. Para determinar este nivel, se conecta la señal T-DAB/DVB-T al receptor (sin el filtro, es decir, con el conmutador 2 de la Fig. 3 cerrado) en un punto situado después del atenuador variable. El receptor se ajusta a la misma anchura de banda de resolución y el detector como en el caso de una medición real (por ejemplo, valor eficaz de 3 kHz). La atenuación en FI y en RF debe ponerse a 0 dB. El preamplificador, si lo hubiere, se activará.

La gama de frecuencias crítica en la que se recorta la señal por sobrecarga en el receptor es exactamente la gama que se encuentra justo fuera de las frecuencias «límite» del bloque T-DAB/DVB-T.

CUADRO 2

Frecuencias «límite» de las emisiones T-DAB y DVB-T

Sistema/anchura de banda	Frecuencia «límite» (desplazamiento con respecto a la frecuencia central)
T-DAB/1,5 MHz	± 775 kHz
DVB-T/7 MHz	$\pm 3,3$ MHz
DVB-T/8 MHz	$\pm 3,8$ MHz

El receptor se sintoniza a una frecuencia 100 kHz por encima o 100 kHz por debajo de la frecuencia límite inferior, dependiendo de la banda lateral que se desee medir. En nuestro ejemplo (véase § 2.4), esta frecuencia es $650 \text{ MHz} + 3,8 \text{ MHz} + 100 \text{ kHz} = 653,9 \text{ MHz}$.

Mediante el atenuador variable se ajusta la señal a un nivel en el que no se recorte la misma en el receptor. Esto puede verificarse variando la atenuación 1 dB arriba y abajo. Cuando el receptor no recorta la señal, el nivel indicado sube o baja exactamente 1 dB. Debe determinarse la mínima atenuación que asegura este comportamiento.

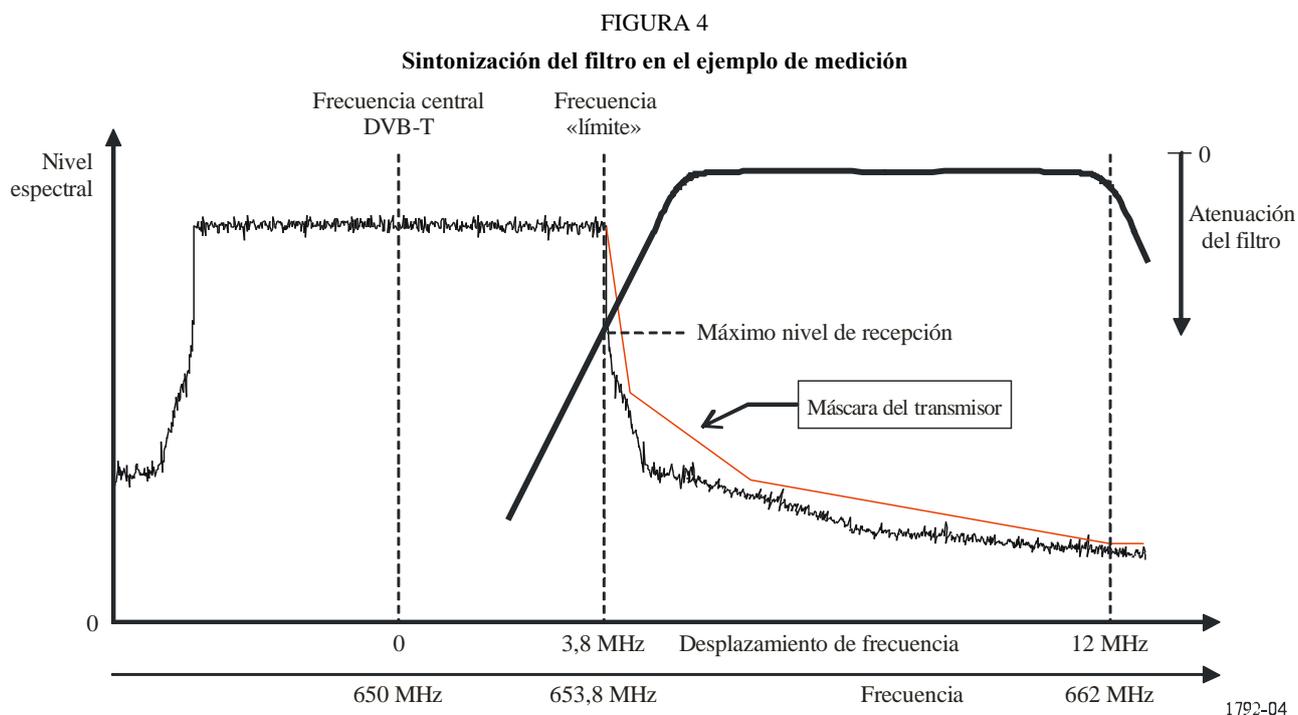
Una vez ajustado el atenuador, se sintoniza el receptor a la frecuencia central de la T-DAB/DVB-T. El nivel indicado se considerará el «máximo nivel de recepción».

2.4.3 Sintonización del filtro

Con el fin de aumentar la gama dinámica de la medición, se utiliza el filtro para lograr la atenuación necesaria de la señal T-DAB/DVB-T principal en lugar de utilizar el atenuador mencionado en § 2.4.2.

Para ajustar la frecuencia del filtro, se sintoniza el receptor a la frecuencia que corresponde exactamente a la frecuencia límite. En este ejemplo (véase § 2.4), esta frecuencia será algo inferior a 653,8 MHz ($650 \text{ MHz} + 3,8 \text{ MHz}$).

Ésta es la frecuencia a la que el receptor recibirá el máximo nivel durante la medición real. Seguidamente se sintoniza el filtro de forma que el nivel indicado sea igual al máximo nivel de recepción determinado en § 2.4.2, y la atenuación del filtro se aumenta hacia la frecuencia central de la emisión T-DAB/DVB-T. La Fig. 4 muestra la sintonización del filtro para el ejemplo de medición considerado.



Si se utiliza un filtro de banda eliminada, éste se ajusta para que no se rebase el nivel en la frecuencia límite medida en § 2.4.2, comenzando desde la frecuencia central de la T-DAB/DVB-T.

2.4.4 Determinación del nivel de ruido en el receptor

Como la medición real no puede distinguir entre las emisiones en la banda lateral del transmisor T-DAB/DVB-T cuyas características son similares al ruido y el ruido en el receptor, es importante conocer el nivel de ruido del receptor. Para medirlo, se ajusta nuevamente el receptor a la misma anchura de banda de resolución y al detector como en el caso de una medición real (por ejemplo, valor eficaz de 3 kHz). La atenuación en FI y en RF se pone a 0 dB. El preamplificador, si lo hubiere, se activa. Se desconecta la señal y en la entrada del receptor se termina con 50 Ω . El nivel recibido indicado se considerará el nivel de ruido del receptor.

2.4.5 Medición real

Con la configuración de la Fig. 3, se arranca el programa informático para realizar un barrido de la gama de frecuencias pertinente. La medición debe comenzar en el interior del canal principal de la T-DAB/DVB-T a fin de obtener una referencia para las máscaras del espectro. La última frecuencia del barrido dependerá del final de la máscara del espectro y de la banda de paso del filtro. En este ejemplo (véase § 2.4), se comienza a registrar a 2 MHz de la frecuencia central de la DVB-T, es decir, 652 MHz, y se para en 662 MHz, que corresponde al final de la máscara del espectro (véase la Fig. 2). Los niveles espectrales medidos se almacenan en un fichero, junto con la correspondiente frecuencia del receptor.

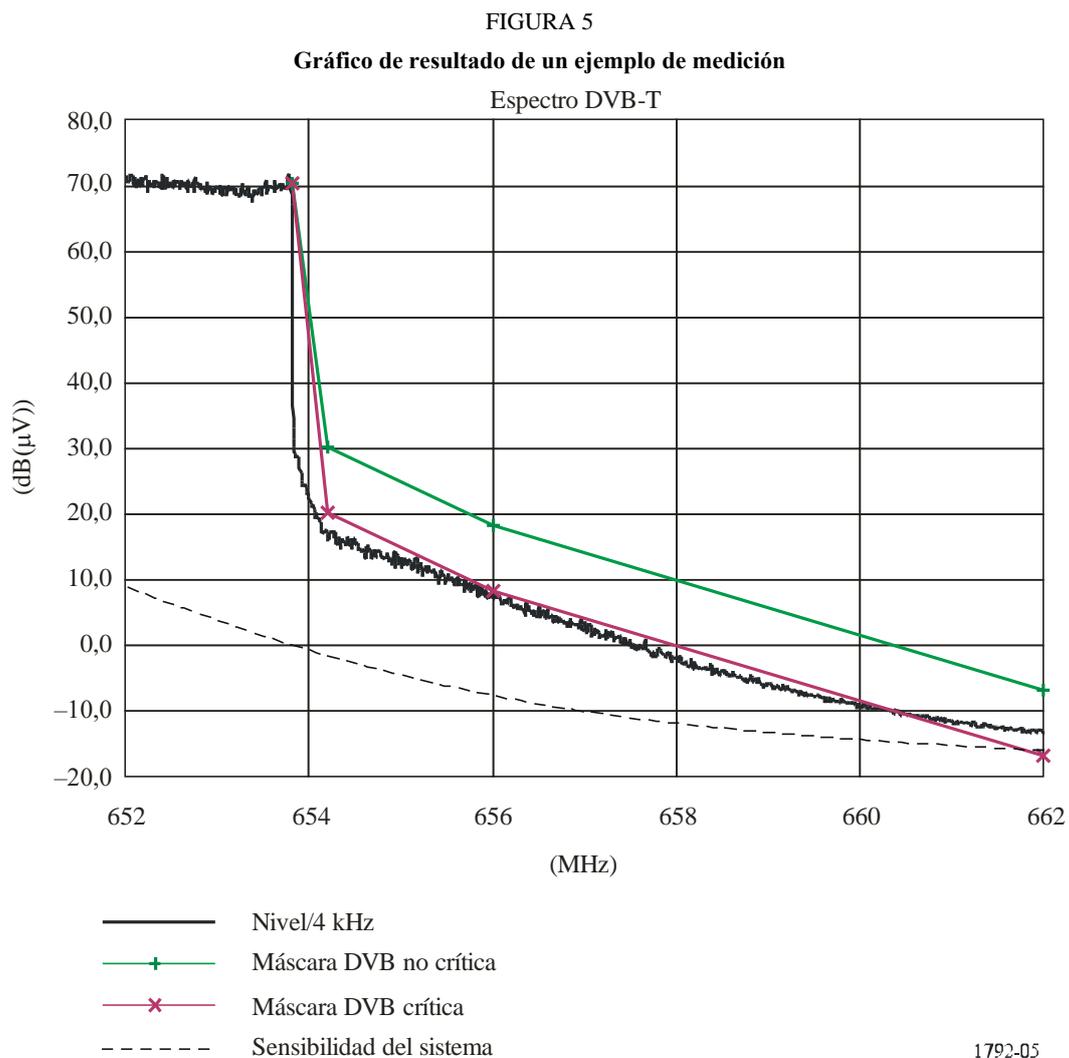
Por último, se conecta el generador de seguimiento a la entrada del receptor (se coloca el S1 de la Fig. 3 en la posición 2) y se repite el barrido para la misma gama de frecuencias. La atenuación medida se almacena en otro fichero, junto con la correspondiente frecuencia del receptor.

2.4.6 Presentación de los resultados

El ordenador tiene que sumar para cada paso de frecuencia el nivel medido, registrado en el fichero 1, y la atenuación, registrada en el fichero 2. El resultado que se obtiene es el espectro real de la señal T-DAB/DVB-T al que se ha eliminado la distorsión del filtro. Para permitir la evaluación rápida de los resultados, conviene incluir las máscaras del espectro pertinentes en la representación gráfica.

Dado que normalmente el filtro sólo puede optimizarse en la banda lateral superior o inferior, para verificar la conformidad con las máscaras del espectro deben realizarse dos mediciones independientes.

A continuación se muestra un posible resultado de la medición de nuestro ejemplo (véase § 2.4). Para controlar el receptor y dibujar los gráficos se ha utilizado un programa de hoja de cálculo convencional y un lenguaje de programación de macros.



Como puede verse, a partir de 660 MHz se rebasa el nivel correspondiente a la máscara crítica.

2.4.7 Consideraciones relativas a la sensibilidad del sistema

Los niveles espectrales del transmisor, especialmente a frecuencias alejadas de la frecuencia central de la T-DAB/DVB-T, serán muy débiles y pueden llegar a ser inferiores al nivel de ruido del receptor. Como la presentación de resultados no permite distinguir entre las emisiones del transmisor en la banda lateral y el ruido en el receptor, es preciso establecer manualmente los límites de validez de la medición. Para obtener resultados razonablemente fiables, el nivel espectral de las emisiones del transmisor en la banda lateral, recibidas después de atravesar el filtro, tiene que estar como mínimo 3 dB por encima del ruido del receptor. La sensibilidad del sistema corresponde al nivel de ruido medido en § 2.4.4, más la atenuación del filtro en cada frecuencia dentro de la gama de barrido. Conviene incluir la sensibilidad del sistema en las representaciones gráficas, como las de la Fig. 5.

En este ejemplo de medición, el margen de 3 dB entre el nivel de la señal medido y la sensibilidad del sistema se alcanza a la frecuencia de 662 MHz, aproximadamente. La gama de validez de la medición tiene que indicarse claramente en la representación gráfica, ya sea indicando las respectivas frecuencias o ajustando la escala del eje x de modo que sólo se vean los resultados válidos, como en la Fig. 5.

2.5 Consideraciones de orden práctico

Si bien el método descrito en la presente Recomendación sirve para medir las emisiones en la banda lateral de los transmisores T-DAB y DVB-T, cabe tener presente lo siguiente:

- Se ha de llegar a un compromiso entre los requisitos contrarios de que el filtro tenga una forma abrupta y a la vez sea fácilmente sintonizable. La experiencia demuestra que los filtros paso banda con una anchura a 3 dB del 1% de la frecuencia sintonizada son adecuados para medir la máscara crítica de las emisiones T-DAB/DVB-T hasta unos 800 MHz. Por otra parte, pueden sintonizarse con un sólo mando, ya que pueden montarse todas las cavidades sobre el mismo eje.
 - La parte más difícil al medir la banda lateral es obtener un nivel de señal suficiente en la antena del receptor. De nuevo, la experiencia demuestra que sólo las máscaras del espectro no críticas pueden medirse por recepción radioeléctrica. Aun en este caso, es indispensable utilizar una antena directiva de gran ganancia, como las yagi, situada a la distancia óptima del transmisor en la que la intensidad de campo alcanza previsiblemente su máximo nivel. Para evaluar las máscaras críticas las mediciones deben efectuarse en las salidas de prueba del propio transmisor.
 - Dado que los lugares donde la recepción es óptima son muy pocos, por regla general las mediciones se realizarán en unidades móviles de comprobación técnica. En la mayoría de las situaciones, los equipos fijos o controlados a distancia no recibirán una intensidad de campo suficiente.
-