

## RECOMENDACIÓN UIT-R BT.1832\*

**Hipótesis de instalación y consideraciones de planificación de la radiodifusión de vídeo digital con canal de retorno terrenal (DVB-RCT)**

(Cuestión UIT-R 16/6)

(2007)

**Cometido**

Esta Recomendación establece algunas hipótesis y consideraciones de instalación para ayudar a los reguladores cuya tarea consista en atribuir espectro a los trayectos de retorno interactivos que utilizan el sistema de radiodifusión de vídeo digital con canal de retorno terrenal (DVB-RCT).

La Asamblea de Radiocomunicaciones de la UIT,

*considerando*

- a) que la DVB-RCT es un sistema de telecomunicaciones diseñado para funcionar conjuntamente con el sistema de radiodifusión de televisión digital terrenal, DVB-T, con objeto de proporcionarle un trayecto de retorno y capacidades de aplicación interactivas;
- b) que las Recomendaciones UIT-R BT.1306-1 y UIT-R BT.1667, junto con la referencia normativa ETSI EN 301 958 V.1.1.1 (2002/03), ya han identificado las posibles características del sistema para el trayecto de retorno;
- c) que el trayecto de retorno puede instalarse opcionalmente como se describe en el Anexo 1 a fin de proporcionar una alta eficacia en el empleo del espectro así como reutilización del espectro;
- d) que la tecnología de acceso múltiple por división en frecuencia ortogonal (AMDFO) para trayecto de retorno de la DVB-RCT presenta una flexibilidad y una capacidad de ampliación inherentes ya que permite llegar a soluciones de compromiso entre el caudal (por usuario), la capacidad (número de usuarios soportados), los enlaces disponibles y el tamaño de la célula. Estas características se implantan con la codificación y la modulación adaptativa junto con concentración de potencia en asignaciones subtrayecto, obteniendo de este modo un aumento de la ganancia global del sistema a expensas de los emplazamientos de usuario;
- e) que el comportamiento de la DVB-RCT se ha comprobado con éxito en funcionamiento real con varios sistemas piloto en diversos países. Estos sistemas incluyen diferentes aplicaciones interactivas instaladas para validar la compartición del trayecto de retorno entre un gran número de usuarios;
- f) que la DVB-RCT puede lograr una elevada eficacia y una gran capacidad de sistema. Puede ser la solución óptima mediante su instalación en grandes células situadas en zonas escasamente servidas y rurales ayudando de esta forma a reducir la brecha digital<sup>1</sup>,

---

\* La Comisión de Estudio 6 de Radiocomunicaciones introdujo modificaciones formales en la presente Recomendación en marzo de 2017, conforme a lo estipulado en la Resolución UIT-R 1.

<sup>1</sup> El término "brecha digital" se define como «la disparidad de condiciones entre las poblaciones que gozan de un acceso generalizado, sencillo y asequible a servicios de radiodifusión digital y aquellas cuyo acceso es complejo o nulo».

*recomienda*

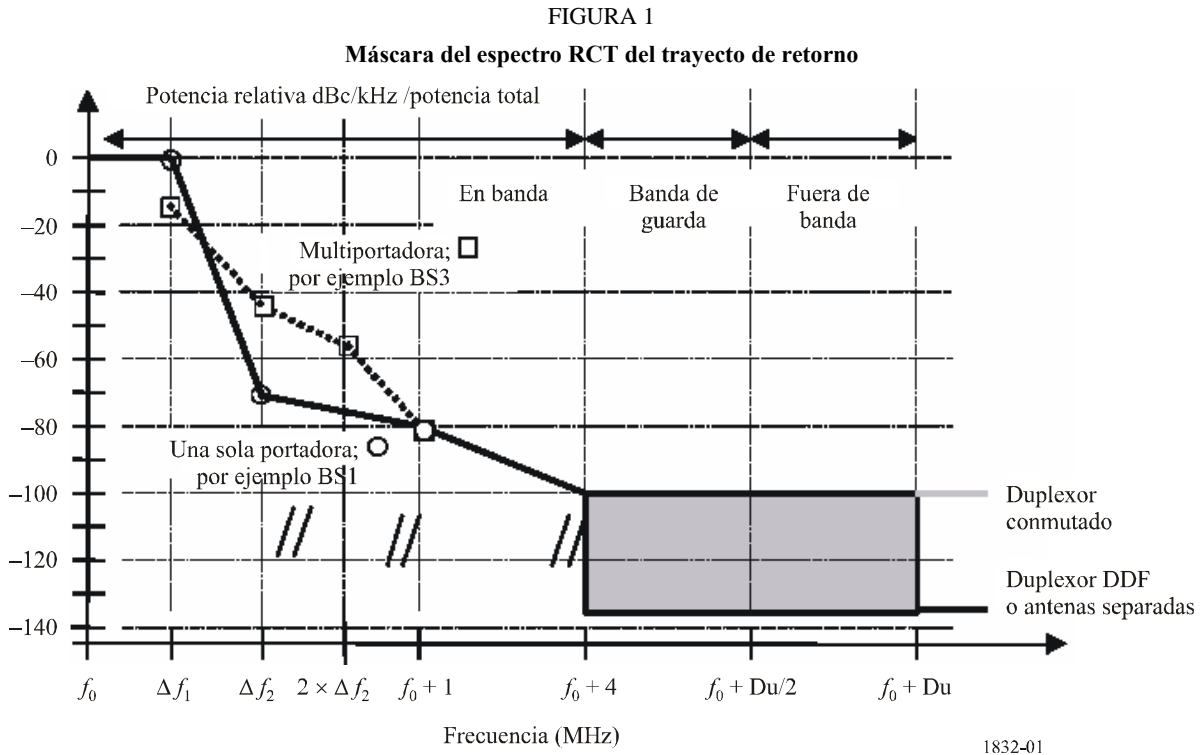
- 1 que en la planificación para la instalación de la DVB-RCT se tengan en cuenta las consideraciones de planificación descritas en el Anexo 1;
- 2 que los datos de comportamiento del sistema DVB-RCT y las posibles hipótesis de instalación se utilicen como base para los futuros estudios de coexistencia sin causar interferencia a servicios primarios;
- 3 que los resultados de las mediciones pertinentes obtenidas sobre el terreno se empleen para actualizar la capacidad de las células y llevar a cabo un análisis de eficacia como el que se define en el Anexo 1.

**Anexo 1****Hipótesis de instalación y consideraciones de planificación de la DVB-RCT****1 Datos del sistema DVB-RCT****1.1 Parámetros del sistema**

Los principales parámetros del sistema DVB-RCT, descritos en el Anexo 1 a la Recomendación UIT-R BT.1667 son los siguientes:

- Frecuencia del trayecto de radiodifusión de ida
  - Ondas métricas: 170 MHz a 230 MHz (174-230 MHz)
  - Ondas decimétricas: 470 MHz a 860 MHz (470-862 MHz)
- Potencia de la transmisión de retorno: 20 dBm (típica.) a 30 dBm (máxima)
- Ganancia de la antena de retorno: 13 dBi (directiva)
- Ganancia de la antena de usuario: 3 dBi (omnidireccional)
- Sensibilidad del receptor de la estación de base
  - Rural fija, separación de 1 kHz, MAQ-4 1/2: -135 dBm
  - Urbana/portátil, separación de 4 kHz, MAQ-64 3/4: -109 dBm
- C/N operacional de la estación de base
  - Rural fija, separación de 1 kHz, MAQ-4 1/2: 5 dB
  - Urbana/portátil, separación de 4 kHz, MAQ-64 3/4: 22 dB.

En la Fig. 1 se representa la máscara del espectro de potencia de transmisión del trayecto de retorno.



En la Fig. 1,  $f_0$  es la frecuencia central,  $\Delta f_1 = 0,375/T_s$  y  $\Delta f_2 = 1,2515/T_s$ , siendo  $\Delta f = f - f_0$ ; y  $Du$  es la separación dúplex y depende del criterio de no interferencia elegido y de la tecnología de filtrado. En futuros análisis se sugiere que para una separación dúplex de frecuencia más elevada la potencia puede reducirse de acuerdo con lo indicado en el Cuadro 1 (basándose en las mediciones de datos realizados sobre una unidad de usuario comercializada):

CUADRO 1  
**Reducción de la densidad espectral de potencia en función de la separación de frecuencia**

$\Delta f$	16 MHz	24 MHz	32 MHz	40 MHz	48 MHz	56 MHz
Atenuación	17 dB	27 dB	37 dB	47 dB	57 dB	62 dB

Por consiguiente, la densidad espectral de interferencia relativa RCT global, en función de la separación de frecuencia, aparece en el Cuadro 2.

CUADRO 2

**Densidad espectral de interferencia relativa RCT,  $A_f$  (dBc/kHz)**

$\Delta f$	< 4 MHz	8 MHz	16 MHz	24 MHz	32 MHz	40 MHz	48 MHz	56 MHz
Duplexor conmutado	0	-100	-117	-127	-137	-147	-157	-167
Duplexor DDF	0	-137	-154	-164	-174	-184	-194	-204

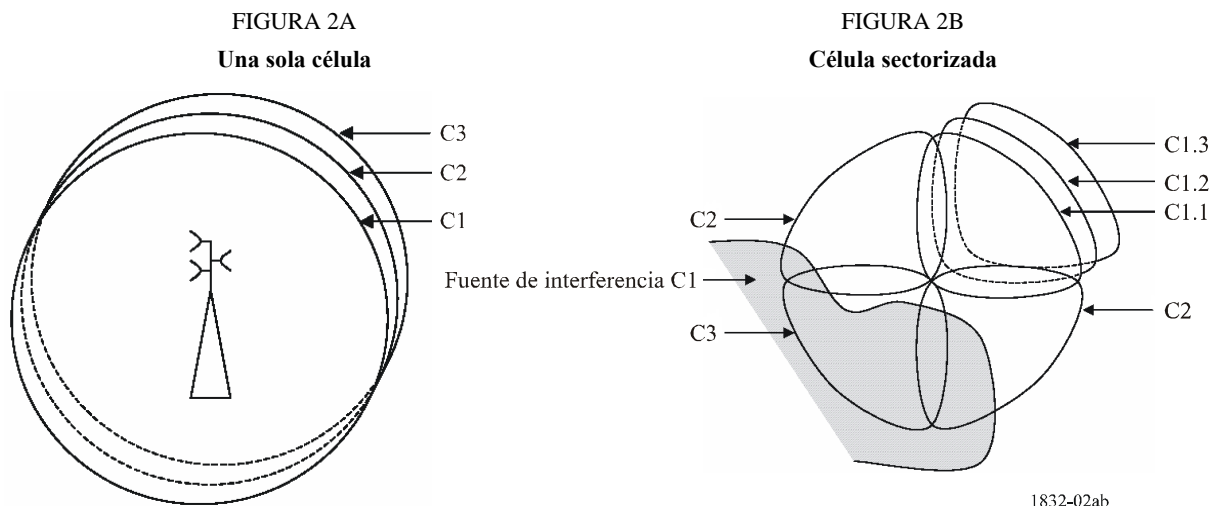
Cabe señalar que la máscara de espectro del trayecto RCT se diseñó para evitar la interferencia entre la transmisión RCT y la recepción de la DVB-T o de la TV analógica (que puede funcionar en trayectos adyacentes sin causar ninguna interferencia en el trayecto). Los duplexores disponibles en el mercado proporcionan aproximadamente 25-30 dB de aislamiento, por consiguiente una separación dúplex de 24 MHz es una cifra aceptable para una unidad de adaptación multimedios DVB-T/RCT. En el caso de una asignación de trayecto adyacente, debe proporcionarse un aislamiento adicional que se logra normalmente utilizando antenas distintas o una instalación en exteriores descrita en el § 2.2.

## 2 Hipótesis de instalación

### 2.1 Configuración de células

La norma DVB-RCT describe dos configuraciones de células, representadas en la Fig. 2:

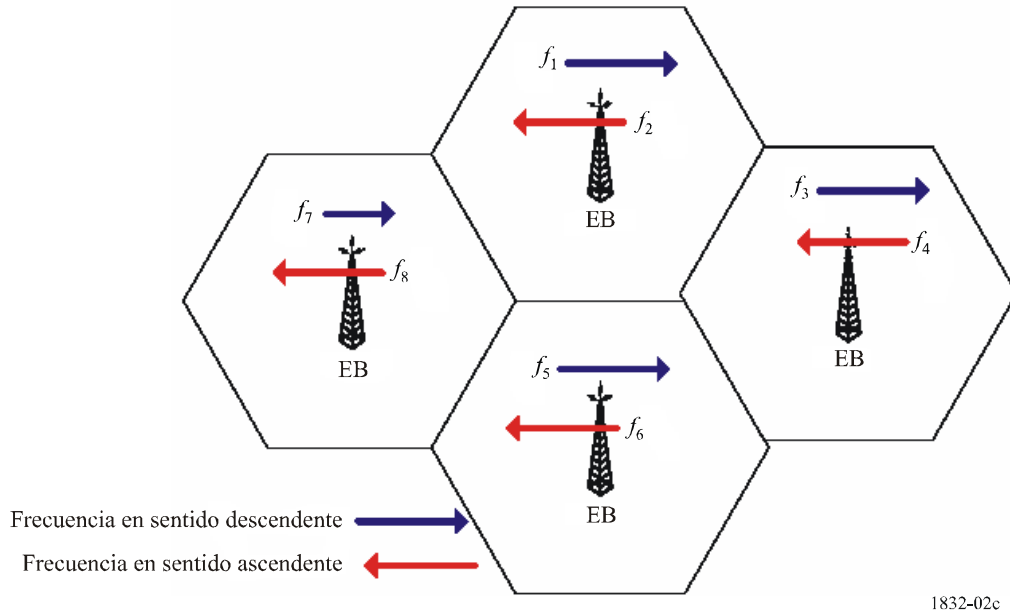
- Uno o más enlaces en sentido ascendente en una sola célula (Fig. 2a)
- Células sectorizadas (Fig. 2b).



### 2.2 Instalación celular

Además de las hipótesis indicadas, las zonas de tráfico denso pueden cubrirse mediante una instalación celular, como se representa en la Fig. 2c que muestra una arquitectura idéntica en instalaciones celulares RCT en sentido ascendente y de red multifrecuencia DVB-T en sentido descendente. En este caso, los transmisores DVB-T no son los poderosos transmisores normalmente utilizados para la radiodifusión DVB-T.

FIGURA 2c  
Instalación celular













1832-02c

Basándose en las capas físicas de AMDFO, RCT tiene una flexibilidad y posibilidad de ampliación inherentes pues permite llegar a un compromiso entre caudal (por usuario), capacidad (número de usuarios soportados), trayectos disponibles y tamaño de célula. Esto puede lograrse mediante modulación y codificación adaptativa, asignación de subtrayecto y concentración de potencia en el extremo de usuario.

El Cuadro 3 ilustra el compromiso entre la asignación del trayecto de RF y la relación portadora/interferencia ( $C/I$ ) entre células del sistema RCT. Muestra la distribución de  $C/I$  en función del número de trayectos de frecuencia asignados al sistema.

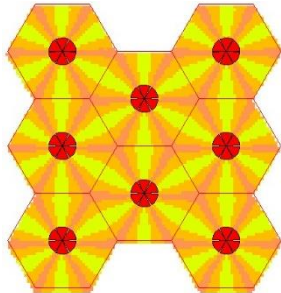
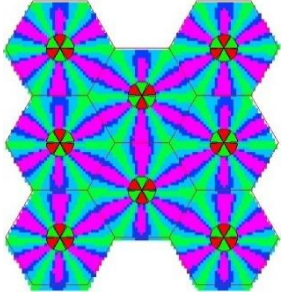
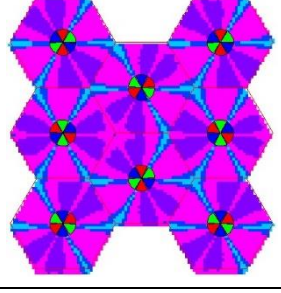
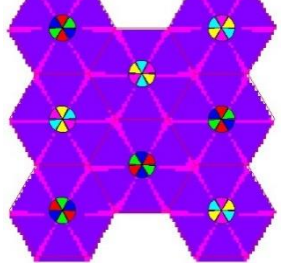
Ello es resultado de una simulación de ocho células hexagonales con antenas típicas dispuestas en seis sectores por célula. En la primera columna aparece el número de trayectos asignados al sistema; en la segunda las diferentes gamas de valores de  $C/I$  esperados y en la tercera columna se indica el porcentaje del área de la célula con dicha  $C/I$  para células de 2 km y células de 6 km. Las disposiciones que aparecen en la última columna son distribuciones de  $C/I$  típicas sobre esa zona. Los diversos niveles de  $C/I$  se muestran en colores (rojo para niveles bajos, púrpura para niveles elevados) en las zonas de las células. En el centro de cada célula puede verse un gráfico circular coloreado que representa los sectores y los colores codificados de acuerdo con la frecuencia asignada a cada antena del sector.

Min	a	-2dB	
-2dB	a	2dB	
2dB	a	6dB	
6dB	a	10dB	
10dB	a	13dB	
13dB	a	18dB	
18dB	a	22dB	
22dB	a	24dB	
24dB	a	29dB	
29dB	a	Max	

Asignando un número adecuado de subtrayectos y seleccionando el nivel de modulación y codificación es posible explotar el sistema RCT con una amplia gama de valores de  $C/I$ . Un alto nivel de  $C/I$  permite el funcionamiento con un elevado caudal (utilizando MAQ-64). Cuando el nivel de  $C/I$  es bajo, eligiendo una modulación de baja velocidad (MDP-4) y la adecuada codificación así como reduciendo el número de subtrayectos asignados a cada usuario, el sistema RCT puede explotarse a expensas de la velocidad de datos.

CUADRO 3

Distribución de  $C/I$  en función del número de trayectos de frecuencia de ida y capacidad de rechazo a la interferencia del canal adyacente

Número de trayectos de frecuencia	$C/I$ (dB)	Distribución de $C/I$		Disposición típica
		2 km	6 km	
1	-2 a 2 2-6 6-10	—	—	
2	24-29 22-24 18-22 13-18	29% 18% 30% 24%	27% 19% 30% 24,5%	
3	>29 dB 24-29 22-24 18-22	30,7% 51% 12% 6%	37,7% 46,6% 13,6% 2%	
6	>29 dB 24-29 22-24 18-22	72,3% 26,3% 1,3% 0%	48,53% 43,9% 6,8% 0,68%	

### 2.2.1 Cálculo de la capacidad

La capacidad media soportada por un sistema de una sola portadora (SC) que utilice modulación adaptativa puede determinarse de acuerdo con los porcentajes indicados en el Cuadro 3, suponiendo una distribución uniforme de los usuarios dentro de la zona.

Para AMDFO el cálculo es más elaborado, debido a la división del trayecto y a las capacidades de concentración de potencia. El AMDFO puede ser operacional incluso en presencia de fuerte interferencia o una baja intensidad de campo de la señal recibida.

El Cuadro 4 resume la capacidad media y la eficacia en RF en términos de la capacidad global por sector de célula. La eficacia espectral se expresa en bit/s/Hz y la eficacia del sistema en bit/s/Hz/célula.

Se utilizó como referencia un sistema SC típico/teórico. Para el caso de trayecto de una sola frecuencia puede que no funcione ya que se requiere un mínimo nivel de  $C/I$  no disponible en esta hipótesis.

Por el contrario, el AMDFO divide la anchura de banda de manera que se evita la interferencia. En este caso, aunque no puede soportarse la capacidad total puede transmitirse cierto tráfico.

CUADRO 4  
Capacidad por sector y eficacia de los sistemas  
de una sola portadora y AMDFO

Número de trayectos de frecuencia de ida			Tamaño de la célula	
			2 km	6 km
1	Mbit/s/sector	Una portadora	0	0
		<b>AMDFO</b>	<b>2,35</b>	<b>2,35</b>
	Bit/s/Hz	Una portadora	0	0
		<b>AMDFO</b>	<b>0,39</b>	<b>0,39</b>
	Bit/s/Hz/célula	Una portadora	0	0
		<b>AMDFO</b>	<b>2,35</b>	<b>2,35</b>
2	Mbit/s/sector	Una portadora	7,4	7,3
		<b>AMDFO</b>	<b>8,96</b>	<b>8,92</b>
	Bit/s/Hz	Una portadora	0,62	0,61
		<b>AMDFO</b>	<b>0,75</b>	<b>0,74</b>
	Bit/s/Hz/célula	Una portadora	3,70	3,65
		<b>AMDFO</b>	<b>4,48</b>	<b>4,46</b>
3	Mbit/s/sector	Una portadora	11,2	11,8
		<b>AMDFO</b>	<b>13,3</b>	<b>13,44</b>
	Bit/s/Hz	Una portadora	0,62	0,66
		<b>AMDFO</b>	<b>0,74</b>	<b>0,75</b>
	Bit/s/Hz/célula	Una portadora	3,73	3,93
		<b>AMDFO</b>	<b>4,43</b>	<b>4,48</b>
6	Mbit/s/sector	Una portadora	13,6	12,4
		<b>AMDFO</b>	<b>15</b>	<b>15</b>
	Bit/s/Hz	Una portadora	0,38	0,34
		<b>AMDFO</b>	<b>0,42</b>	<b>0,42</b>
	Bit/s/Hz/célula	Una portadora	2,27	2,07
		<b>AMDFO</b>	<b>2,50</b>	<b>2,50</b>

El Cuadro 4 demuestra la ventaja que supone utilizar AMDFO, logrando entre un 5% y un 25% más de eficacia.

**2.3 Instalación de antena**

La norma RCT prevé dos hipótesis de instalación de antena, en interiores y exteriores. La antena RCT puede compartir la antena DVB-T en sentido descendente (que también puede ser una antena de exteriores o de interiores) utilizando un conmutador o un duplexor. Alternativamente, las dos antenas pueden estar separadas. Estas posibilidades figuran en la norma y se muestran en la Fig. 3. BIM es la abreviatura de módulo de interfaz de radiodifusión (DVB-T), e IIM se refiere al módulo de interfaz interactivo (RCT). Dx es el multiplexor. Cabe señalar que las opciones de conmutador no permiten el funcionamiento simultáneo de la recepción de TV y las transmisiones DVB-RCT; por lo tanto, es de esperar que muchas instalaciones no los utilicen.

FIGURA 3  
Instalación de antena

