

Unión Internacional de Telecomunicaciones

**UIT-R**

Sector de Radiocomunicaciones de la UIT

**Recomendación UIT-R BO.1784-1**  
(12/2016)

**Sistema de radiodifusión digital  
por satélite (televisión, sonido, datos)  
con configuración flexible**

**Serie BO**  
**Distribución por satélite**



Unión  
Internacional de  
Telecomunicaciones

## 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
<b>BO</b>	<b>Distribución por satélite</b>
<b>BR</b>	Registro para producción, archivo y reproducción; películas en televisión
<b>BS</b>	Servicio de radiodifusión (sonora)
<b>BT</b>	Servicio de radiodifusión (televisión)
<b>F</b>	Servicio fijo
<b>M</b>	Servicios móviles, de radiodeterminación, de aficionados y otros servicios por satélite conexos
<b>P</b>	Propagación de las ondas radioeléctricas
<b>RA</b>	Radio astronomía
<b>RS</b>	Sistemas de detección a distancia
<b>S</b>	Servicio fijo por satélite
<b>SA</b>	Aplicaciones espaciales y meteorología
<b>SF</b>	Compartición de frecuencias y coordinación entre los sistemas del servicio fijo por satélite y del servicio fijo
<b>SM</b>	Gestión del espectro
<b>SNG</b>	Periodismo electrónico por satélite
<b>TF</b>	Emisiones de frecuencias patrón y señales horarias
<b>V</b>	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, 2017

© UIT 2017

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 BO.1784-1

**Sistema de radiodifusión digital por satélite (televisión, sonido, datos)  
con configuración flexible**

(Cuestión UIT-R 285/4)

(2007-2016)

**Cometido**

Esta Recomendación se centra en los servicios de radiodifusión por satélite digital (SRS) para los que es importante contar con una alta flexibilidad en la configuración del sistema y con interactividad de la radiodifusión. La Recomendación permite disponer de una amplia gama de posibilidades de compromiso entre un funcionamiento con mínimos niveles de  $C/N$  y máxima capacidad de transmisión.

**Palabras clave**

TVAD, TVEAD, satélite, radiodifusión, agrupación de canales, DVB-S2, DVB-S2X

**Abreviaturas/Glosario**

AAC	Codificación Audio Avanzada ( <i>Advanced Audio Coding</i> )
ACM	Codificación y Modulación Adaptativa ( <i>Adaptive Coding and Modulation</i> )
ALS	Codificación Audio sin Pérdidas ( <i>Audio Lossless coding</i> )
APSK	Modulación por Desplazamiento de Fase y Amplitud ( <i>Amplitude and Phase Shift Keying</i> )
ATM	Modo de Transferencia Asíncrono ( <i>Asynchronous Transfer Mode</i> )
AVC	Codificación Vídeo Avanzada ( <i>Advanced Video Coding</i> )
AWGN	Ruido Gaussian Blanco Aditivo ( <i>Additive White Gaussian Noise</i> )
BB	Banda de Base ( <i>BaseBand</i> )
BCH code	Código de Bose-Chaudhuri-Hocquenghem ( <i>Bose-Chaudhuri-Hocquenghem code</i> )
BPSK	Modulación por desplazamiento de fase binaria ( <i>Binary Phase Shift Keying</i> )
CCM	Codificación y Modulación Constantes ( <i>Constant Coding and Modulation</i> )
C/N	Relación Portadora/Ruido ( <i>Carrier to Noise Ratio</i> )
CRC	Verificación por Redundancia Cíclica ( <i>Cyclic Redundancy Check</i> )
DSNG	Periodismo Electrónico Digital por Satélite ( <i>Digital Satellite News Gathering</i> )
DTH	Directa al Hogar ( <i>Direct To Home</i> )
DVB	Proyecto de Radiodifusión de Vídeo Digital ( <i>Digital Video Broadcasting project</i> )
DVB S	Sistema DVB para radiodifusión por satélite ( <i>DVB System for satellite broadcasting</i> )
DVB S2	Segunda generación de Sistema DVB para unidifusión y radiodifusión por satélite ( <i>Second generation DVB System for satellite broadcasting and unicasting</i> )
DVB S2X	Ampliaciones del Sistema DVB de segunda generación para unidifusión y radiodifusión por satélite ( <i>Extensions of the second generation DVB System for satellite broadcasting and unicasting</i> )
FEC	Corrección de errores sin canal de retorno ( <i>Forward Error Correction</i> )

FPGA	Disposición de Puertos Programables de Campo ( <i>Field Programmable Gate Array</i> )
GF	Campo de Galois ( <i>Galois Field</i> )
GS	Tren Genérico ( <i>Generic Stream</i> )
GSE	Encapsulado de Tren Genérico ( <i>Generic Stream Encapsulation</i> )
HEVC	Codificación Vídeo de Gran Eficacia ( <i>High Efficiency Video Coding</i> )
IBO	Reducción de Potencia de Entrada ( <i>Input Back Off</i> )
IP	Protocolo Internet ( <i>Internet Protocol</i> )
IRD	Decodificador de Receptor Integrado ( <i>Integrated Receiver Decoder</i> )
LDPC	Verificación de Paridad de Baja Densidad ( <i>Low Density Parity Check</i> )
LNB	Bloque de Bajo Ruido ( <i>Low Noise Block</i> )
MPEG	Grupo de Expertos en Imágenes en Movimiento ( <i>Moving Picture Experts Group</i> )
OBO	Reducción de Potencia de Salida ( <i>Output Back Off</i> )
PL	Capa Física ( <i>Physical Layer</i> )
PSK	Modulación por Desplazamiento de Fase ( <i>Phase Shift Keying</i> )
PRBS	Secuencia Binaria Seudoaleatoria ( <i>Pseudo-Random Binary Sequence</i> )
QAM	Modulación por Amplitud en Cuadratura ( <i>Quadrature Amplitude Modulation</i> )
QEF	Casi sin Errores ( <i>Quasi Error Free</i> )
QPSK	Modulación en Cuadratura por Desplazamiento de Fase ( <i>Quadrature Phase Shift Keying</i> )
RF	Radiofrecuencia ( <i>Radio Frequency</i> )
RS	Reed-Solomon ( <i>Reed Solomon</i> )
SDTV	Televisión de Definición Convencional ( <i>Standard Definition Television</i> )
SNR	Relación Señal/Ruido ( <i>Signal to Noise Ratio</i> )
SOF	Comienzo de Trama ( <i>Start of Frame</i> )
SRS	Servicio de radiofusión por satélite
TS	Tren de Transporte ( <i>Transport Stream</i> )
TV	Televisión
TVAD	Televisión de Alta Definición
TVEAD	Televisión de Extremadamente Alta Definición
TWTA	Amplificador de Tubo de Ondas Progresivas ( <i>Traveling Wave Tube Amplifier</i> )
VCM	Modulación y Codificación Variables ( <i>Variable Coding and Modulation</i> )
VL-SNR	Relación Señal/Ruido Muy Baja ( <i>Very Low - Signal to Noise Ratio</i> )
VSAT	Terminal de Muy Pequeña Abertura ( <i>Very Small Aperture Terminal</i> )

**Informes y Recomendaciones conexos**

Recomendación UIT-R BO.1408-1	Sistema de transmisión para servicios multimedia avanzados de la radiodifusión digital de servicios integrados en un canal de radiodifusión por satélite
Recomendación UIT-BO.1516-1	Sistemas de televisión digital multiprograma para utilización por satélites que funcionan en la gama de frecuencias 11/12 GHz

La Asamblea de Radiocomunicaciones de la UIT,

*considerando*

- a) que en las Recomendaciones UIT-R BO.1408 y BO.1516 se tratan los sistemas de televisión digital multiprograma para utilización por satélites, que se denominan sistemas actuales;
- b) que los recientes avances en el campo de la modulación y codificación de canal han permitido la aparición de nuevas técnicas con un nivel de calidad de funcionamiento cercano al límite de Shannon;
- c) que estas nuevas técnicas digitales ofrecerían una mejor eficacia en la utilización del espectro y/o de la potencia que los sistemas actuales, sin que se pierda la posibilidad de lograr una configuración flexible que permita adaptarse a los recursos específicos de anchura de banda y potencia del satélite;
- d) que el sistema recomendado utiliza las técnicas mencionadas y, por lo tanto, permite disponer de una amplia gama de posibilidades de compromiso entre el funcionamiento con mínimos niveles de  $C/N$  y máxima capacidad de transmisión, logrando una ganancia mucho mayor que la de la radiodifusión digital de señales de vídeo por satélite (DVB-S) (Sistema A de la Recomendación UIT-R BO.1516), dependiendo del modo DVB-S2 seleccionado;
- e) que el sistema recomendado se diseñó para abarcar no sólo la radiodifusión, sino también las aplicaciones de interactividad y de contribución, tales como los enlaces de televisión de contribución y el periodismo electrónico digital por satélite (DSNG, *digital satellite news gathering*);
- f) que un sistema que abarque todos estos campos de aplicación, manteniendo a la vez un nivel aceptable de complejidad del decodificador de un solo chip, permitiría reutilizar los productos del mercado de consumo para aplicaciones de contribución y de nichos de mercado;
- g) que la nueva técnica de modulación y codificación adaptables (ACM, *adaptive coding and modulation*) que propone el sistema recomendado permitiría, si se la utiliza junto con un trayecto de retorno, un empleo más eficiente del espectro para aplicaciones de unidifusión, mediante la optimización de los parámetros de modulación (es decir, modulación y codificación) de cada usuario en particular, dependiendo de las condiciones del trayecto;
- h) que el sistema recomendado admite cualquier formato de tren de entrada, incluidos los trenes de transporte sencillos y múltiples del Grupo de Expertos en imágenes en movimiento (MPEG) (que se caracteriza porque utiliza paquetes de 188 bytes), los paquetes del protocolo Internet (IP) y del modo de transferencia asíncrono (ATM) y los trenes continuos de bits;
- i) que el sistema recomendado podría manejar los diversos formatos audiovisuales avanzados que se encuentran actualmente disponibles o están siendo definidos;
- j) que las nuevas ampliaciones del sistema recomendado mejoran el funcionamiento y las características de sus aplicaciones principales, incluida la radiodifusión Directa al Hogar (DTH) de la Televisión de Extremadamente Alta Definición (TVEAD), y que amplían el alcance operativo para cubrir mercados emergentes, como las aplicaciones móviles,

*considerando además*

- a) que una Recomendación de la UIT sobre el sistema ayudaría al mercado a establecer servicios basados en sistemas normalizados evitando, por consiguiente, la proliferación de productos de compañías privadas, lo cual beneficiaría tanto a los usuarios como a la industria en general;
- b) que, a pesar de la acogida que han tenido los sistemas actuales, muchos organismos de radiodifusión por satélite, operadores y fabricantes a nivel mundial valorarían una nueva especificación que posibilitara una velocidad de datos mucho más alta que la que se puede alcanzar con los sistemas actuales, para una anchura de banda del transpondedor determinada;
- c) que el requisito de ofrecer televisión de alta definición (TVAD) y TVEAD obligará a los organismos de radiodifusión a buscar nuevos métodos más eficientes para ofrecer estos servicios, utilizando los transpondedores existentes;
- d) que la flexibilidad inherente al nuevo sistema recomendado y a sus ampliaciones proporcionaría los medios para reducir la influencia de las atenuaciones causadas por la atmósfera en las bandas superiores de los servicios de radiodifusión por satélite (SRS), destinadas para los servicios de TVAD y superiores;

*recomienda*

- 1 que el sistema DVB-S2 especificado en ETSI EN 302 307-1 V 1.4.1 (véase el Adjunto 1), se considere apropiado para diseñar un sistema de radiodifusión por satélite de configuración flexible<sup>1</sup>;
- 2 que se estudie la posibilidad de utilizar el sistema DVB-S2X especificado en ETSI EN 302 307-2 V 1.1.1 (véase Adjunto 2) para el desarrollo de un sistema de radiodifusión por satélite con mejores características y funcionamiento<sup>1</sup>.

NOTA 1 – En el Anexo 1 se describe el sistema recomendado DVB-S2 (Sistema E1), en el Anexo 2 se describen las ampliaciones DVB-S2X al sistema recomendado (Sistema E2) y en el Anexo 3 se presentan cuadros comparativos en los que figuran los sistemas recomendados (Sistemas E1 y E2) y los sistemas descritos en la Recomendación UIT-R BO.1516 (Sistemas A, B, C y D).

## **Anexo 1**

### **Principales características del sistema DVB-S2 (denominado Sistema E1)**

DVB-S2 es la especificación de segunda generación de las aplicaciones de banda ancha por satélite. Fue elaborada por el Proyecto de radiodifusión de vídeo digital (DVB) en 2003 y en 2004 se convirtió en la norma ETSI EN 302 307.

La citada norma EN 302 307 especifica la estructura de tramas así como la codificación y modulación de canal para diversos tipos de aplicaciones por satélite, a saber:

- radiodifusión de televisión de definición normalizada (SDTV, *standard definition television*) y de televisión de alta definición (TVAD);
- interactividad (incluyendo el acceso a Internet) de las aplicaciones de radiodifusión por satélite (para receptores-decodificadores integrados (IRD) y ordenadores personales);

---

<sup>1</sup> Las expresiones de «obligatoriedad» que figuran en la norma ETSI deben interpretarse como «recomendaciones» en esta Recomendación UIT-R.

- aplicaciones de contribución, como la contribución de televisión digital, la distribución y el periodismo electrónico;
- la distribución de contenidos de datos y el servicio de Internet troncal.

Para abarcar todos estos campos de aplicación al tiempo que se mantiene un nivel aceptable de complejidad del decodificador de un solo chip, DVB-S2 se estructura como un *conjunto de herramientas*, de forma que los productos utilizados en el mercado de consumo se puedan emplear también para aplicaciones de contribución y de nichos de mercado;

El sistema DVB-S2 se basa en tres conceptos: mejor calidad de funcionamiento de la transmisión, aproximación al límite de Shannon y flexibilidad total con complejidad aceptable en el receptor.

Para lograr el mejor equilibrio entre calidad de funcionamiento y complejidad, a la vez que se alcanza una capacidad de ganancia muy superior a la de las aplicaciones corrientes de radiodifusión, DVB-S2 aprovecha las ventajas de recientes desarrollos en la codificación y la modulación de canal: emplea códigos de verificación de paridad de baja densidad (LDPC, *low density parity check*) combinados con modulación por desplazamiento de fase en cuadratura (QPSK), 8-PSK, 16-APSK y 32-APSK, que hacen que el sistema funcione adecuadamente en el canal de satélite no lineal.

La estructura de trama permite la máxima flexibilidad para una configuración del sistema y una sincronización versátiles, aun con las configuraciones menos favorables (bajas relaciones de señal/ruido,  $S/N$ ).

En las aplicaciones punto a punto, como unidifusión de IP con trayecto de retorno, el empleo de la funcionalidad (ACM) permite optimizar, trama a trama, los parámetros de transmisión de cada usuario en particular, dependiendo de las condiciones del trayecto, con control de bucle cerrado mediante el canal de retorno (que consiste en un enlace terrenal o por satélite utilizado para conectar el receptor a la estación del enlace ascendente DVB-S2 con el fin de indicar el estado de recepción del receptor). Ello da lugar a una mejora en la eficiencia de utilización del espectro de DVB-S2 con respecto a DVB-S, lo que permite optimizar el diseño del segmento espacial, y como consecuencia se reduce significativamente el coste de los servicios IP por satélite.

El sistema DVB-S2 es tan flexible que puede adaptarse a cualquier conjunto de características de los transpondedores de satélite existentes, con gran variedad en cuanto a eficiencia en la utilización del espectro y los correspondientes requisitos de la relación  $S/N$ . Además, se diseñó para que pueda manejar los diversos formatos de audio y vídeo avanzados que los organismos internacionales están definiendo actualmente. El sistema DVB-S2 puede dar cabida a cualquier formato de tren de entrada, incluidos los trenes de transporte sencillos y múltiples de MPEG (que se caracterizan porque utilizan paquetes de 188 bytes), los paquetes IP y ATM y los trenes continuos de bits.

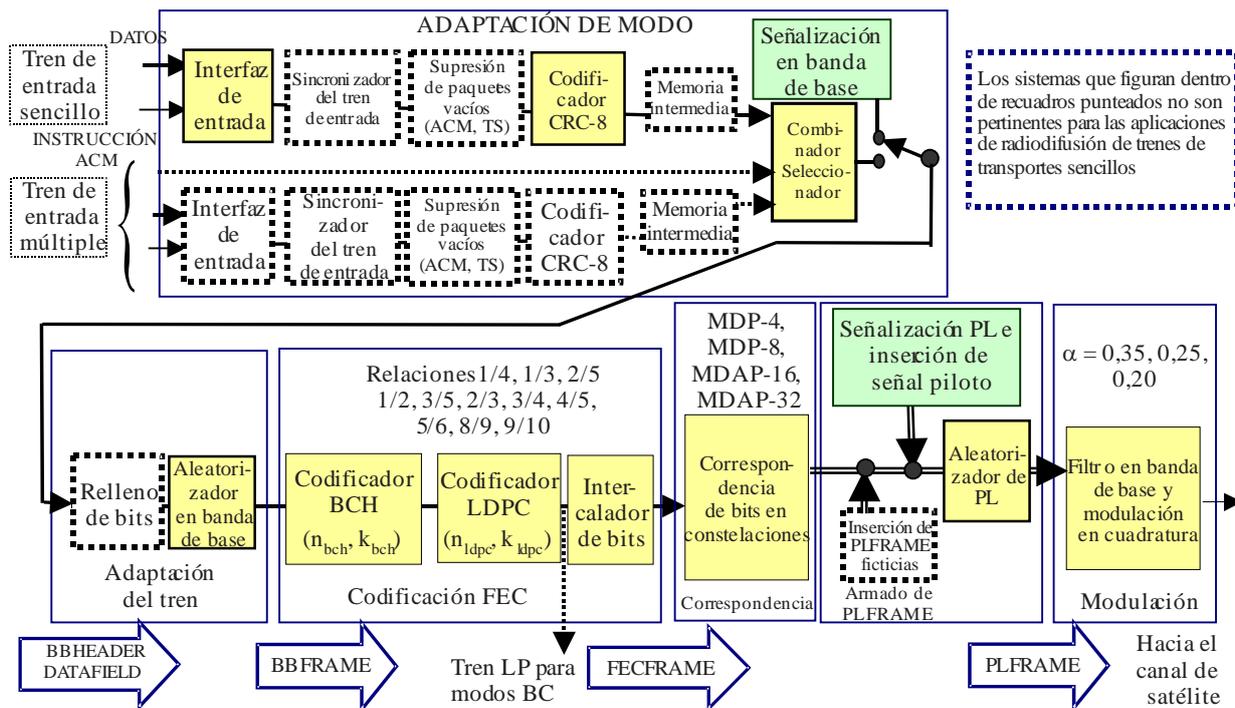
### **Estructura del sistema DVB-S2**

El sistema DVB-S2 está compuesto por los bloques funcionales descritos en la Fig. 1. La generación de la señal se basa en dos niveles de estructuras de trama:

- BBFRAME en el nivel de banda de base, que transporta varios tipos de bits de señalización utilizados para configurar el receptor de manera flexible, dependiendo de las condiciones;
- PLFRAME en el nivel de capa física, que transporta unos pocos bits de señalización especialmente protegidos, utilizados para proporcionar sincronismo y señalización sólidos en la capa física.

FIGURA 1

Diagrama de bloques funcional del sistema DVB-S2



BO.1784-01

Dependiendo de la aplicación, las secuencias de entrada del sistema DVB-S2 pueden ser trenes de transporte (TS, *transport streams*) sencillos o múltiples de MPEG, trenes genéricos sencillos o múltiples, en paquetes o continuos. El bloque marcado como *adaptación de modo* proporciona la interfaz con el tren de entrada<sup>2</sup>, sincronización del tren de entrada<sup>3</sup> (opcional), supresión de paquetes vacíos<sup>4</sup> (únicamente para ACM y el formato de entrada del tren de transporte), codificación CRC-8 para la detección de errores en el receptor, a nivel paquete (únicamente para los modos de trenes de entrada en forma de paquete); combinación de los trenes de entrada (únicamente para los modos de trenes de entrada múltiples) y seccionamiento en campos de datos. Luego se añade una cabecera en banda de base antes del campo de datos, utilizada para indicar al receptor el formato del tren de entrada y el tipo de adaptación de modo, que pueden ser: trenes de entrada sencillos o múltiples, tren genérico o de transporte y modulación y codificación constantes (CCM, *constant coding and modulation*) o ACM y muchos otros detalles de configuración. Gracias a la protección que ofrece la corrección de errores en recepción (FEC), que abarca tanto la cabecera como la cabida útil, y al gran tamaño de la trama FEC, la cabecera en banda de base puede contener muchos bits de señalización sin que se pierda eficiencia de transmisión ni nivel de inmunidad contra el ruido. Cabe señalar que se pueden hacer corresponder asincrónicamente los paquetes de transporte múltiple de MPEG con las tramas banda de base.

<sup>2</sup> Las secuencias de entrada pueden ser trenes de transporte sencillos o múltiples, trenes genéricos sencillos o múltiples (en paquetes o contiguos).

<sup>3</sup> El procesamiento de datos del DVB-S2 puede ocasionar un retardo de transmisión variable. Este bloque permite garantizar una velocidad de datos constante y un retardo de extremo a extremo constante para los trenes de entrada en forma de paquetes.

<sup>4</sup> Para disminuir la velocidad de la información y aumentar la protección contra errores en el modulador. El proceso permite la reinscripción de paquetes vacíos en el receptor exactamente en el mismo lugar en que estaban.

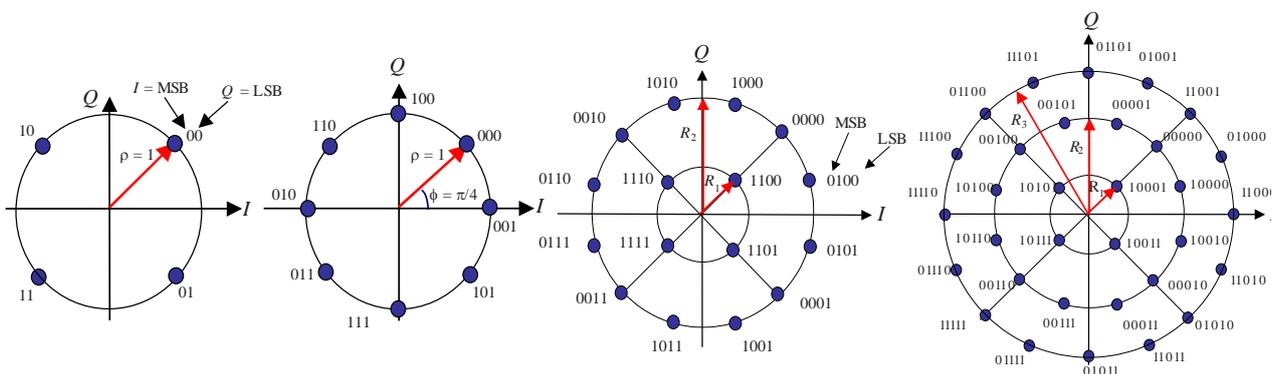
A continuación se realiza un proceso de *adaptación de tren*, que efectúa aleatorización en banda base e inserta un relleno si los datos de usuario disponibles no son suficientes para llenar completamente una trama en banda de base (BBFRAME).

La *codificación de corrección de errores en recepción* (FEC) concatena el código externo BCH (Bose-Chaudhuri-Hochquenghem) con los códigos de (LDPC) internos (relaciones de 1/4, 1/3, 2/5, 1/2, 3/5, 2/3, 3/4, 4/5, 5/6, 8/9, 9/10). Dependiendo del tipo de aplicación, los bloques con codificación FEC (tramas FEC) pueden ser de 64 800 o de 16 200 bits. Si se utilizan codificación y modulación variables (VCM, *variable coding and modulation*) o ACM, la FEC y el modo de modulación son constantes dentro de una misma trama, pero pueden diferir para tramas diferentes. Incluso, la señal transmitida puede contener una mezcla de bloques de código normales y cortos.

La *correspondencia* se puede hacer entre las constelaciones de QPSK, 8-PSK, 16-APSK o 32-APSK (véase la Fig. 2), dependiendo del tipo de aplicación. Normalmente, se propone que se utilicen QPSK y 8-PSK para las aplicaciones de radiodifusión, ya que son modulaciones con envolventes prácticamente constantes y se pueden utilizar en transpondedores no lineales de satélite funcionando cerca al punto de saturación. Los modos 16-APSK y 32-APSK, destinados principalmente para aplicaciones de contribución, pueden utilizarse también para radiodifusión, pero requieren una mayor *C/N* disponible y el empleo de métodos avanzados de predistorsión en la estación de enlace ascendente, para minimizar el efecto causado por la no linealidad del transpondedor. Aunque estos modos no sean tan eficaces desde el punto de vista de la potencia, la eficiencia en la utilización del espectro es mucho mayor. Las constelaciones 16-APSK y 32-APSK se optimizaron para un funcionamiento con transpondedores no lineales, ubicando los puntos sobre círculos. No obstante, su comportamiento en canales lineales es similar al de MAQ-16 y MAQ-32, respectivamente.

Al poderse elegir las constelaciones de modulación y las relaciones de codificación, se dispone de eficiencias espectrales en la gama de 0,5 a 4,5 bits por símbolo y éstas se pueden escoger dependiendo de las capacidades y restricciones del transpondedor de satélite utilizado.

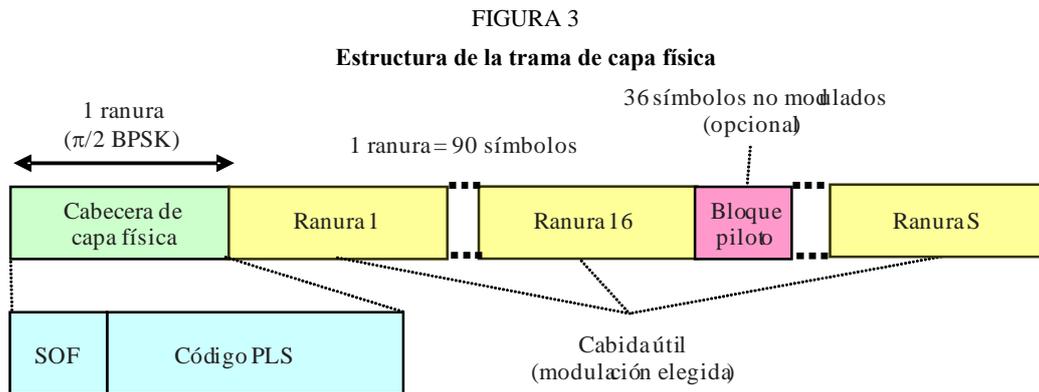
FIGURA 2  
Las cuatro posibles constelaciones de DVB-S2 antes de la aleatorización de capa física



BO.1784-02

El *armado de tramas de capa física* se diseñó de forma que ofrece sincronización y señalización resistentes en la capa física. Los receptores pueden, por lo tanto, sincronizarse (recuperación de la portadora y de la fase, sincronización de trama) y detectar los parámetros de modulación y codificación antes de la demodulación y la decodificación FEC. La señal física DVB-S2 está compuesta por una secuencia regular de tramas (véase la Fig. 3). El tipo de modulación y codificación es homogéneo para cada trama, pero puede ser diferente (si se trata de codificación y modulación adaptables) en tramas contiguas. Cada trama está compuesta por una cabida útil de 64 800 bits, en la configuración de «trama normal» y de 16 200 bits en la de «trama corta», que corresponde a un bloque de código FEC. A la cabida útil le precede una cabecera de 90 símbolos binarios de modulación, que

llevan la información de sincronización y señalización que permite que el receptor se sincronice (recuperación de la portadora y de la fase, sincronización de trama) y detecte los parámetros de modulación y codificación antes de la demodulación y la decodificación FEC.



Los primeros 26 símbolos binarios (la secuencia 18D2E82<sub>HEX</sub>) de la cabecera de capa física identifica el inicio de trama (SOF, *start of frame*) de capa física. Los demás 64 símbolos se utilizan para indicar la configuración del sistema. Por ser la primera entidad en ser decodificada por el receptor, la cabecera de capa física no se puede proteger mediante la FEC (es decir, BCH y LDPC). Por otra parte, se debe poder decodificar correctamente con el enlace funcionando en las condiciones más desfavorables (con  $S/N$  cercana a  $-2,5$  dB). Por lo tanto, para que la eficiencia global del espectro resulte afectada lo menos posible, la información de configuración se limita a 7 bits en este punto: 5 para indicar la configuración de modulación y codificación (campo MODCOD), 1 para indicar la longitud de la trama (64 800 ó 16 200) y 1 para indicar la existencia o ausencia de símbolos piloto que facilitan la sincronización del receptor (como se explica más adelante). Estos bits luego se protegen especialmente mediante un código de bloque Reed-Muller de primer orden con las relaciones de parámetro (64, 7,  $t = 32$ ), adecuadas para la decodificación de correlación variable.

Los 90 símbolos binarios que conforman la cabecera de capa física se modulan utilizando BPSK- $\pi/2$ , independientemente del tipo de modulación de la cabida útil de PLFRAME (bloque de código FEC). Esta variante de la constelación BPSK tradicional provoca una rotación de  $\pi/4$  para los símbolos pares y de  $-\pi/4$  para los impares, que permite disminuir las fluctuaciones de la envolvente de la señal de radiofrecuencia.

La cabida útil de la trama de capa física está compuesta por un número diferente de símbolos modulados que depende de la longitud de la FEC (64 800 ó 16 200) y de la constelación de la modulación. Salvo por los símbolos piloto opcionales, el tamaño de la cabida útil siempre es múltiplo de una ranura de 90 símbolos (véase la Fig. 3), y por lo tanto exhibe algunas periodicidades que el sincronizador de trama del receptor puede aprovechar: una vez decodificada la cabecera de capa física, el decodificador conocerá el tamaño exacto de la trama de capa física y por ende la ubicación del siguiente SOF.

El armado de tramas de capa física también realiza:

- la inserción opcional de tramas ficticias de capa física en caso de no haber datos útiles a enviar por el canal, y
- la inserción de símbolos piloto opcionales que facilitan la sincronización del receptor.

Los códigos FEC de DVB-S2 son en realidad tan poderosos que podría convertirse en un problema serio recuperar la portadora en los convertidores y sintonizadores del bloque de bajo nivel de ruido (LNB, *low noise block*) de la radiodifusión por satélite cuando se emplea una modulación de orden superior funcionando con una baja la relación  $S/N$  y en presencia de niveles altos de ruido de fase.

Éste es el caso particular de algunos modos de baja velocidad de 8-PSK, 16-APSK y 32-APSK de DVB-S2. Los símbolos piloto son símbolos no modulados que se reconocen porque  $I = Q = 1/\sqrt{2}$ . Se agrupan en bloques de 36 símbolos y se insertan después de cada 16 ranuras de cabida útil. Ocasionan una pérdida máxima de capacidad de aproximadamente 2,4%, si se utilizan.

Por último, se realiza una aleatorización que tiene como objetivo dispersar la energía a fin de cumplir el Reglamento de Radiocomunicaciones en lo relativo a la ocupación del espectro y transmitir una «firma» corta del operador del servicio para una rápida identificación si ocurren errores en los procedimientos del enlace ascendente.

Se aplica luego *filtrado en banda de base y una modulación en cuadratura* para darle forma al espectro y generar la señal de radiofrecuencia (RF). Se utiliza filtrado de raíz cuadrada del coseno alzado del transmisor, con la posibilidad de escoger la tasa de decremento de entre 0,35, 0,25 y 0,20, dependiendo de las restricciones en cuanto a la anchura de banda.

## Adjunto 1 al Anexo 1

### Resultados de pruebas de laboratorio efectuadas sobre equipos DVB-S2

En junio de 2006, los laboratorios Rai-CRIT llevaron a cabo pruebas exhaustivas de calidad de funcionamiento sobre equipos DVB-S2 proporcionados por siete fabricantes distintos. Las pruebas incluyeron la característica de ruido gaussiano blanco aditivo (AWGN) y la degradación de canal no lineal y de ruido de fase. Los resultados demuestran claramente que la calidad de funcionamiento del equipo es coherente con los resultados de simulación presentados en la norma sobre DVB-S2.

Se llevaron a la práctica las configuraciones de portadora sencilla y de portadora múltiple y se las comparó con configuraciones equivalentes de DVB-S, con lo que se demostró que DVB-S2 ofrece ventajas tanto desde el punto de vista de la capacidad o calidad de funcionamiento, como desde el punto de vista de la flexibilidad. Además, se llevaron a la práctica las configuraciones VCM y ACM y se verificó la capacidad de los equipos.

Por último, cabe señalar que los equipos sometidos a prueba mostraron un excelente nivel de compatibilidad.

#### 1 Principales resultados de las pruebas

##### *Prueba de AWGN*

Se llevaron a cabo mediciones en el canal AWGN para QPSK, 8-PSK, 16-APSK y 32-APSK, a fin de evaluar la calidad de funcionamiento de las configuraciones normal y corta de la FECFRAME. Se utilizó una velocidad de símbolos de 27,5 MBd, salvo para el caso de 32-APSK, en el que la velocidad empleada fue de 20 MBd<sup>5</sup>, y un tasa de decremento de 35%. Los resultados medios de las mediciones indican que las pérdidas de realización, calculadas según  $\Delta E_s/N_0@PER=10^{-7}$  con respecto a los resultados de simulación del Cuadro 13 de EN 302 307, están en la gama de 0,2 a 0,6 dB para QPSK, de 0,2 a 0,9 dB para 8-PSK, de 0,3 a 1,3 dB para 16-APSK y de 1,3 a 1,7 dB para 32-APSK.

---

<sup>5</sup> Es la máxima velocidad de símbolos para APSK-32. Por ahora no se garantiza la calidad de funcionamiento del equipo para velocidades superiores a 20 MBd, ya que la velocidad de reloj y/o la densidad de la FPGA impiden que se realice el número necesario de iteraciones del decodificador de LDPC. Cabe esperar que los próximos desarrollos de la tecnología FPGA permitan abarcar velocidades de baudios extremas en pleno funcionamiento, en el futuro inmediato.

*Prueba SAT*

En el canal no lineal por satélite, los resultados de laboratorio confirman los resultados de simulación indicados en el Cuadro H.1 de EN 302 307. El punto óptimo de funcionamiento se alcanza con 0 dB de reducción de potencia de entrada (IBO) para QPSK 1/2, que corresponde a una reducción de potencia a la salida (OBO) de 0,3 dB y ocasiona una degradación de la calidad de funcionamiento cercana a 0,5 dB con respecto al canal AWGN. En el caso de 8-PSK, el punto de funcionamiento óptimo es con una IBO de 1 dB, que corresponde a una OBO de 0,4 dB y ocasiona una degradación de la calidad de funcionamiento cercana a 0,6 dB. En el caso de 16-APSK, el punto de funcionamiento óptimo es con una IBO de 4 dB, que corresponde a una OBO de 1,6 dB y ocasiona una degradación de la calidad de funcionamiento cercana a 3,0 dB. En el caso de 32-APSK, el punto de funcionamiento óptimo es con una IBO de 7 dB, que corresponde a una OBO de 3,2 dB y ocasiona una degradación de la calidad de funcionamiento cercana a 5,4 dB. Si se insertan símbolos piloto en la señal transmitida, la calidad de funcionamiento mejora cerca de 0,3 dB para el caso de 8-PSK y cerca de 1,0 dB para el de 16-APSK.

Se realizaron pruebas adicionales utilizando precorrección de la señal en el modulador para reducir los efectos no lineales en la señal demodulada y permitir que el sistema funcione cerca al punto de saturación, abarcando incluso las modulaciones de orden superior, es decir, 16-APSK y 32-APSK. En 16-APSK con relación 3/4, la precorrección en el demodulador permite un funcionamiento óptimo del sistema en el punto de saturación, con un aumento en la OBO cercano a 1,3 dB y una pérdida de la calidad de funcionamiento con respecto al canal AWGN cercana a 1,5 dB, es decir, la calidad de funcionamiento mejora cerca de 1,5 dB con respecto a la señal sin precorrección.

Se han analizado ejemplos comparativos de DVB-S y DVB-S2 en aplicaciones de radiodifusión, con las siguientes configuraciones:

CUADRO 1

**Ejemplos comparativos de DVB-S/DVB-S2 para aplicaciones de radiodifusión**

Sistema	DVB-S	DVB-S2	DVB-S	DVB-S2
Anchura de banda del canal, BW (MHz)	36	36	36	36
Modulación y codificación	QPSK 2/3	QPSK 3/4	QPSK 7/8	8-PSK 2/3
Tasa de decremento, $\alpha$	0,35	0,20	0,35	0,25
Velocidad de símbolos (MBd)= $1,03 \cdot BW / (1 + \alpha)$	27,5	30,9	27,5	29,7
$C/N$ (en 27,5 MHz) (dB)	4,7	4,9	7,6	7,6
Velocidad binaria útil (Mbit/s)	33,8	46 (ganancia = 34%)	44,4	58,8 (ganancia = 32%)

El canal por satélite incluye el amplificador por tubo de ondas progresivas (ATOP) y el filtro del múltiplex de salida (OMUX).

Los resultados presentados en el Cuadro 1 indican que el sistema DVB-S2 permite aumentar en 30% o más la capacidad transmitida, dependiendo del modo, a expensas de un aumento marginal de los requisitos de  $C/N$  (de 0 a 0,2 dB).

### *Prueba de ruido de fase*

Se han considerado dos configuraciones diferentes para las pruebas de ruido de fase:

- Un caso de contribución en el que la velocidad de símbolos de la señal transmitida es de 5 MBd y el amplificador del satélite funciona en la región lineal.
- Un caso de radiodifusión por satélite en el que la velocidad de símbolos de la señal transmitida es de 27,5 MBd y el amplificador del satélite funciona al valor óptimo de reducción.

Los resultados obtenidos en el caso de contribución indican que la degradación causada por el ruido de fase del LNB es del orden de 0,3 dB para QPSK y 8-PSK y de 1,2 dB para 16-APSK y 32-APSK. Además, en el caso de QPSK no es necesario incluir símbolos piloto, que empiezan a ser beneficiosos para el caso de 8-PSK. Por otra parte, los símbolos piloto son necesarios para obtener buenos resultados con 16-APSK y 32-APSK.

En cambio, en el caso de radiodifusión por satélite, que utiliza una mayor velocidad de símbolos por segundo, el ruido de fase tiene un efecto mucho menor. Los resultados indican que la degradación causada por el ruido de fase en el LNB es insignificante si se utiliza QPSK, aun sin símbolos piloto; es del orden de 0,1 dB si se utiliza 8-PSK y de 0,3 dB para 16-APSK, utilizando dichos símbolos.

### *Pruebas de VCM y de ACM*

Las pruebas de VCM demostraron que los receptores tienen la capacidad de adaptarse a cambios en la configuración de la transmisión. Se generó una secuencia de FECFRAME, que se almacenó en un generador de formas de onda arbitrarias. Luego se insertó ruido de forma que se obtuvieron valores diferentes de la relación  $S/N$ . El receptor pudo decodificar la correspondiente FECFRAME en todos los casos en los que la relación  $S/N$  era mayor que el mínimo requerido por la modulación y codificación particular.

Por último, se probó la funcionalidad ACM con el fin de investigar la capacidad de los receptores para calcular la relación señal/ruido detectada y la correspondiente adaptabilidad del modulador, para cambiar la modulación y la codificación. Los resultados demuestran que en las conexiones punto a punto el equipo puede detectar las variaciones de la relación señal/ruido y adaptarse en consecuencia.

## **2 Conclusiones**

Las pruebas realizadas en los laboratorios Rai-CRIT demuestran que el funcionamiento de los equipos de DVB-S2 es coherente con la calidad de funcionamiento prevista por las simulaciones por ordenador. Estas pruebas también ayudan a comprender mucho mejor las características de las sofisticadas técnicas de modulación, codificación de canal, armado de tramas y sincronización del sistema DVB-S2. A pesar de que los equipos sometidos a prueba forman parte de una primera generación de equipos y que, por lo tanto, cabe esperar que mejoren los algoritmos del receptor para ofrecer una calidad de funcionamiento aún mayor, los resultados indican que en términos generales el sistema DVB-S2 es excelente, no sólo en teoría sino también en la práctica.

Adicionalmente, la comparación con la calidad de funcionamiento del DVB-S en configuraciones operativas indica que DVB-S2 ofrece una capacidad considerablemente mayor para configuraciones CCM tanto para transpondedores de una portadora como de portadora múltiple.

Por último, se realizaron pruebas de compatibilidad de los equipos, que consistieron en acoplar moduladores y demoduladores de fabricantes diferentes, las cuales arrojaron excelentes resultados.

## Anexo 2

### **Características principales del sistema DVB-S2X (la parte de radiodifusión se denomina Sistema E2)**

DVB-S2X es una ampliación de la especificación DVB-S2 para aplicaciones de banda ancha por satélite que ofrece tecnologías y características adicionales. DVB-S2X se publica como ETSI EN 302 307 parte 2, y DVB-S2 como parte 1.

DVB-S2X mejora las características y el funcionamiento de las aplicaciones principales de DVB-S2, incluida Directa al Hogar (DTH), contribución, VSAT y DSNG. La especificación también amplía el alcance operativo para cubrir mercados emergentes, como las aplicaciones móviles.

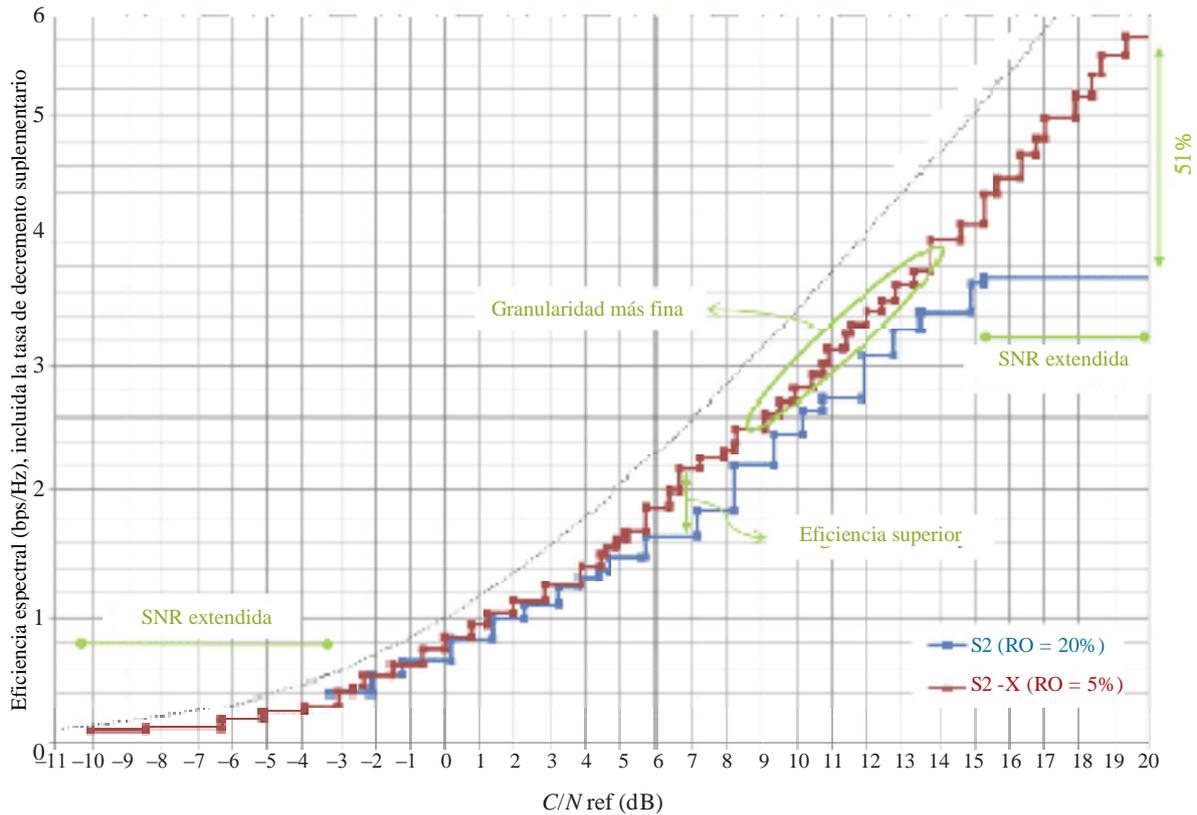
DVB-S2 se ha especificado hace unos 10 años, centrándose principalmente en DTH. Desde entonces han surgido nuevos requisitos y DVB-S2X proporciona las especificaciones técnicas necesarias. DVB-S2X soporta eficiencias espectrales notablemente superiores para Relaciones Portadora/Ruido ( $C/N$ ) típicas de aplicaciones profesionales, como enlaces de contribución o concentración IP. También soporta  $C/N$  muy bajas, inferiores a  $-10$  dB, para aplicaciones móviles (por ejemplo, marítimas, aeronáuticas, de trenes, etc.).

La norma DVB-S2X se fundamenta en la consagrada especificación DVB-S2, utiliza el potente y empírico esquema de LDPC FEC, en combinación con el BCH FEC como código externo, e introduce los siguientes elementos adicionales:

- opciones de caída más bajas del 5% y el 10% (además del 20%, el 25% y el 35% en DVB-S2);
- una gradación más exacta y una ampliación del número de esquemas de modulación y codificación;
- nuevas opciones de constelación para canales lineales y no lineales (las constelaciones para canales lineales se indican como xxx-L, siendo xxx la correspondiente constelación no lineal);
- más opciones de aleatorización para situaciones críticas de interferencia en el mismo canal;
- agrupaciones de canales de hasta 3 canales;
- apoyo al funcionamiento con una SNR muy baja, de hasta  $-10$  dB, y
- la opción de superentramado.

Esto resulta en las siguientes eficiencias espectrales para DVB-S2X en comparación con DVB-S2 (Fig. 4).

FIGURA 4  
 Comparación de funcionamiento entre DVB-S2 y DVB-S2X



BO.1784-04

La gama de  $C/N$  utilizable se amplía para valores inferiores a  $-10$  dB mediante más opciones de encuadre de trama, codificación y modulación, lo que habilitará servicios de satélite para antenas direccionales muy pequeñas y móviles (mar y aire). En el caso de las aplicaciones VSAT, las especificaciones DVB-S2X permiten soportar técnicas avanzadas para redes interactivas de banda ancha futuras, es decir, mitigación de interferencias intrasistema, cambio de dirección de puntería del haz y transmisiones multiformato. Estas técnicas pueden suponer importantes ganancias de capacidad y flexibilidad en las redes de satélites interactivas de banda ancha, y son posibles gracias a la estructura opcional de Super-Framing.

DVB-S2 ya ofrecía una eficiencia espectral excelente para aplicaciones DTH, por lo que DVB-S2X no podía generar ganancias en la capa física comparables a las adquiridas al pasar de DVB-S a DVB-S2 (es decir, aproximadamente un 30%). Con todo, en el caso de DTH, DVB-S2X ajusta las capas de protocolo física y superiores de DVB-S2 y produce un paquete muy atractivo (para servicios de nueva generación que requerirán nuevos receptores en todo caso).

Las características más importantes para DTH son la agrupación de canales, una granularidad más fina de la modulación y opciones FEC combinadas con decrementos más inclinados. La agrupación de hasta 3 canales permitirá soportar velocidades de datos combinadas superiores y obtener ganancias adicionales de multiplexación estadística para servicios de altas velocidades de transmisión de datos, como TVEAD. La aplicación obligatoria de VCM (Modulación y Codificación Variables) en receptores permite aumentar la eficiencia espectral para servicios TVEAD sin interrupciones de servicio con fuertes lluvias mediante la difusión simultánea de componentes de definición convencional (SD) altamente protegidos.

La granularidad más fina de la modulación y las opciones FEC permiten mejorar la flexibilidad operativa.

Para las aplicaciones profesionales y DSNG, los esquemas de alta eficiencia permiten eficiencias espectrales cercanas a 6 bit/s/Hz (con 256 APSK). Con estos esquemas pueden soportarse valores  $C/N$  de hasta 20 dB y obtener una ganancia adicional de hasta un 50%.

### **Anexo 3**

#### **Comparación del sistema DVB-S2 (Sistema E1) y el sistema DVB-S2X (la parte de radiodifusión se denomina Sistema E2) con el sistema para emisiones de televisión digital multiprograma por satélite definido en la Recomendación UIT-R BO.1516**

El Cuadro 2 presenta información sobre las dos funciones fundamentales (elementos comunes) así como sobre otras funciones imprescindibles de los cuatro sistemas descritos en la Recomendación UIT-R BO.1516 (Sistemas A, B, C y D) y las compara con información relativa al DVB-S2, denominado Sistema E1, y al DVB-S2X, denominado Sistema E2.

La Asamblea de Radiocomunicaciones, en el § 6.1.2 de la Resolución UIT-R 1 establece que: «Cuando las Recomendaciones contengan información sobre diversos sistemas relacionados con una aplicación de radiocomunicaciones precisa, deberían basarse en los criterios pertinentes a la aplicación, e incluir, cuando sea posible, una evaluación de los sistemas recomendados, utilizando esos criterios.». El Cuadro 2 proporciona esta evaluación. Se han seleccionado criterios de calidad de funcionamiento pertinentes a estos sistemas, y se proporcionan los valores paramétricos o capacidades de cada uno de estos sistemas.

CUADRO 2

Resumen de las características de los sistemas de radiodifusión digital de banda ancha por satélite

a) Función

	Sistema A	Sistema B	Sistema C	Sistema D	Sistema E1	Sistema E2
Servicios entregados	SDTV y TVAD, aplicaciones de sonido, datos y datos interactivos	SDTV y TVAD, aplicaciones de sonido, datos y datos interactivos	SDTV y TVAD, aplicaciones de sonido, datos y datos interactivos	SDTV y TVAD, aplicaciones de sonido, datos y datos interactivos	SDTV, TVAD y TVEAD, aplicaciones de sonido, datos y datos interactivos <sup>(1)</sup>	
Formato de señal de entrada	MPEG-TS	MPEG-TS modificado	MPEG-TS	MPEG-TS	MPEG-TS/Tren genérico (por ejemplo, IP)	
Capacidad de múltiples señales de entrada	No	No	No	Sí, máximo 8	Sí, máximo 255	
Supervivencia al desvanecimiento debido a la lluvia	Determinada por la potencia del transmisor y la velocidad de código interna	Determinada por la potencia del transmisor y la velocidad de código interna	Determinada por la potencia del transmisor y la velocidad de código interna	Transmisión jerárquica disponible además de la potencia del transmisor y la velocidad de código interna	Para radiodifusión: determinado por potencia de transmisor y velocidad de código interna <sup>(7)</sup>	Para radiodifusión: hay modulación y codificación variable además de potencia del transmisor y velocidad de código interna
Agrupación de canales	No	No	No	No	No	Hasta tres canales
Recepción móvil	No disponible y para consideración futura	No disponible y para consideración futura	Modos VL-SNR aptos para aplicaciones móviles y otros servicios en áreas con SNR tan bajas como -10 dB			
Asignación flexible de la velocidad binaria de los servicios	Disponible	Disponible	Disponible	Disponible	Disponible	

## CUADRO 2 (continuación)

## a) Función (fin)

	Sistema A	Sistema B	Sistema C	Sistema D	Sistema E1	Sistema E2
Diseño de receptor común con otros sistemas de receptor	Son posibles los Sistemas A, B, C y D	Son posibles los Sistemas A, B, C y D	Son posibles los Sistemas A, B, C y D	Son posibles los Sistemas A, B, C y D	Son posibles los Sistemas A, B, C, D y E1	Son posibles los Sistemas A, B, C, D, E1 y E2
Puntos comunes con otros medios (es decir, terrenal, cable, etc.)	Base de MPEG-TS	Base de MPEG-ES (tren elemental)	Base de MPEG-TS	Base de MPEG-TS	Base de MPEG-TS Base GSE-Lite, GSE	
Equipo de estación de radiodifusión	Disponible en el mercado					

## b) Funcionamiento

	Sistema A	Sistema B	Sistema C	Sistema D	Sistema E1	Sistema E2
Velocidad de datos neta (velocidad transmisible sin paridad)	La velocidad de símbolos (Rs) no es fija. Las siguientes velocidades de datos netas resultan de un ejemplo de Rs de 27,776 MBd: 1/2: 23,754 Mbit/s 2/3: 31,672 Mbit/s 3/4: 35,631 Mbit/s 5/6: 39,590 Mbit/s 7/8: 41,570 Mbit/s	1/2: 17,69 Mbit/s 2/3: 23,58 Mbit/s 6/7: 30,32 Mbit/s	19,5 MBd 29,3 MBd 5/11: 16,4 Mbit/s 24,5 Mbit/s 1/2: 18,0 Mbit/s 27,0 Mbit/s 3/5: 21,6 Mbit/s 32,4 Mbit/s 2/3: 24,0 Mbit/s 36,0 Mbit/s 3/4: 27,0 Mbit/s 40,5 Mbit/s 4/5: 28,8 Mbit/s 43,2 Mbit/s 5/6: 30,0 Mbit/s 45,0 Mbit/s 7/8: 31,5 Mbit/s 47,2 Mbit/s	Hasta 52,2 Mbit/s (a una velocidad de símbolos de 28,86 MBd)	La velocidad de símbolos (Rs) no es fija. Las siguientes velocidades de datos netas se obtienen para un valor de Rs de 27,776 MBd, longitud normal de trama FEC y sin símbolos piloto: QPSK 1/2: 27,467 Mbit/s QPSK 3/4: 41,316 Mbit/s 8-PSK 2/3: 55,014 Mbit/s 16-APSK 3/4: 82,404 Mbit/s <sup>(5) (6)</sup>	8-PSK 25/36: 57,278 32-APSK 2/3 L (*): 91,437 64-APSK 5/6: 137,120 <sup>(6)</sup>
Extensibilidad ascendente	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	
Capacidad de TVAD	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	
Capacidad de TVEAD	–	–	–	–	Sí	
Acceso condicional seleccionable	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	
(*) L indica modos optimizados para canales casi lineales						

CUADRO 2 (continuación)

c) Características técnicas (transmisión)

	Sistema A	Sistema B	Sistema C	Sistema D	Sistema E1	Sistema E2
Esquema de modulación para radiodifusión	QPSK	QPSK	QPSK	8-PSK reticular codificada/QPSK/BPSK	QPSK/8-PSK/16-APSK/32-APSK <sup>(5)</sup>	QPSK/8-PSK/8-APSK-L/16-APSK/16-APSK-L/32-APSK/32-APSK-L/64-APSK/64-APSK-L/ <sup>(6)</sup>
Velocidad de símbolos	Sin especificar	Fija 20 MBd	Variable 19,5 y 29,3 MBd	Sin especificar (por ejemplo: 28,86 MBd)	Sin especificar	
Anchura de banda necesaria (a -3 dB)	Sin especificar	24 MHz	19,5 y 29,3 MHz	Sin especificar (por ejemplo: 28,86 MHz)	Sin especificar	
Tasa de decremento	0,35 (coseno alzado)	0,2 (coseno alzado)	0,55 y 0,33 (filtro Butterworth de 4º orden)	0,35 (coseno alzado)	0,35, 0,25, 0,2 (coseno alzado)	
					0,15, 0,10, 0,05 (coseno alzado)	
Código externo	Reed-Solomon (204,188, T = 8)	Reed-Solomon (146,130, T = 8)	Reed-Solomon (204,188, T = 8)	Reed-Solomon (204,188, T = 8)	BCH (N, K, T) con parámetros que dependen de la configuración de la codificación interna y de la longitud de trama	
Generador del código externo	Reed-Solomon (255,239, T = 8)	Reed-Solomon (255,239, T = 8)	Reed-Solomon (255,239, T = 8)	Reed-Solomon (255,239, T = 8)	BCH (N, K, T) con parámetros que dependen de la configuración de la codificación interna y de la longitud de trama	
Polinomio generador del código externo	$(x + \alpha^0)(x + \alpha^1) \dots (x + \alpha^{15})$ donde $\alpha = 02_h$	$(x + \alpha^0)(x + \alpha^1) \dots (x + \alpha^{15})$ donde $\alpha = 02_h$	$(x + \alpha^0)(x + \alpha^2) \dots (x + \alpha^{16})$ donde $\alpha = 02_h$	$(x + \alpha^0)(x + \alpha^1) \dots (x + \alpha^{15})$ donde $\alpha = 02_h$	Depende de la configuración de la codificación interna y de la longitud de trama	
Polinomio generador de campo	$x^8 + x^4 + x^3 + x^2 + 1$	$x^8 + x^4 + x^3 + x^2 + 1$	$x^8 + x^4 + x^3 + x^2 + 1$	$x^8 + x^4 + x^3 + x^2 + 1$	Depende de la configuración de la codificación interna y de la longitud de trama	
Aleatorización para dispersión de energía	PRBS: $1 + x^{14} + x^{15}$	Ninguna	PRBS: $1 + x + x^3 + x^{12} + x^{16}$ truncada durante un periodo de 4 894 bytes	PRBS: $1 + x^{14} + x^{15}$	Las secuencias PRBS n Gold derivadas de la combinación de dos secuencias construidas con los polinomios primitivos (sobre GF <sup>(2)</sup> ) $1 + x^7 + x^{18}$ y $1 + y^5 + y^7 + y^{10} + y^{18}$ $n \in [0, 262\ 141]$ La secuencia de código n° Gold $z_n$ $n = 0, 1, 2, \dots, 2^{18} - 2$ , se define como: $-z_n(i) = [x((i+n) \text{ módulo } (2^{18}-1)) + y(i)] \text{ módulo } 2, i = 0, \dots, 2^{18} - 2$	

## CUADRO 2 (continuación)

## c) Características técnicas (transmisión)

	Sistema A	Sistema B	Sistema C	Sistema D	Sistema E1	Sistema E2
Carga de secuencia en registro de secuencia binaria pseudoaleatoria (PRBS)	100101010000000	No aplicable	0001 <sub>n</sub>	100101010000000	$n=0$ para servicios de radiodifusión	$n=i \times 10\,949$ , con $i \in [0,6]$ para servicios de radiodifusión, para mitigar interferencias
Punto de aleatorización	Antes del codificador RS	No aplicable	Después del codificador RS	Después del codificador RS	Antes de modulación/después de la correspondencia de bits en trama de capa física y la inserción opcional de símbolos piloto	
Entrelazado de los códigos interno y externo	Convolutacional, $I = 12, M = 17$ (Forney)	Convolutacional, $N1 = 13, N2 = 146$ (Ramsey II)	Convolutacional, $I = 12, M = 19$ (Forney)	Bloque (profundidad = 8)	<sup>(2)</sup>	
Codificación interna	Convolutacional	Convolutacional	Convolutacional	Convolutacional, Reticular (8-PSK: TCM 2/3)	LDPC	
Longitud restringida	$K = 7$	$K = 7$	$K = 7$	$K = 7$	No aplicable	
Código básico	1/2	1½	1/3	1/2	No aplicable	
Polinomio generador	171, 133 (octal)	171, 133 (octal)	117, 135, 161 (octal)	171, 133 (octal)	No aplicable	
Longitud de bloque del código interno	No aplicable	No aplicable	No aplicable	No aplicable	Trama FEC normal = 64 800 bits Trama FEC corta = 16 200 bits	
						Trama FEC media = 32 400 bits

CUADRO 2 (continuación)

c) Características técnicas (transmisión) (fin)

	Sistema A	Sistema B	Sistema C	Sistema D	Sistema E1 <sup>(3)</sup>	Sistema E2 <sup>(3)</sup>
Velocidad de codificación interna	1/2, 2/3, 3/4, 5/6, 7/8	1/2, 2/3, 6/7	1/2, 2/3, 3/4, 3/5, 4/5, 5/6, 5/11, 7/8	1/2, 3/4, 2/3, 5/6, 7/8	QPSK: 1/4, 1/3, 2/5, 1/2, 3/5, 2/3, 3/4, 4/5, 5/6, 8/9, 9/10 8-PSK: 3/5, 2/3, 3/4, 5/6, 8/9, 9/10 16-APSK: 2/3, 3/4, 4/5, 5/6, 8/9, 9/10 32-APSK: 3/4, 4/5, 5/6, 8/9, 9/10	QPSK: 13/45, 9/20, 11/20, 11/45, 4/15, 14/45, 7/15, 8/15, 32/45 8-PSK: 23/36, 25/36, 13/18, 7/15, 8/15, 26/45, 32/45 8-APSK-L: 5/9, 26/45 16-APSK: 26/45, 3/5, 28/45, 23/36, 25/36, 13/18, 7/9, 77/90, 7/15, 8/15, 26/45, 3/5, 32/45 16-APSK-L: 5/9, 8/15, 1/2, 3/5, 2/3 32-APSK: 2/3, 32/45 32-APSK-L: 2/3 64-APSK: 11/15, 7/9, 4/5, 5/6 64-APSK-L: 32/45 <sup>(6)</sup>
Control de transmisión	Ninguno	Ninguno	Ninguno	TMCC	Estructuras de tramas banda base y de capa física; símbolos piloto opcionales	
Estructura de trama	Ninguna	Ninguna	Ninguna	48 intervalos/trama 8 tramas/supertrama	Trama FEC normal = 64 800 bits Trama FEC corta = 16 200 bits	
						Trama FEC media = 32 400 bits
Estructura de superentramado	No	No	No	No	No	Sí
Tamaño de paquete	188 bytes	130 bytes	188 bytes	188 bytes	188 bytes para MPEG-TS Sin especificar para GS	
Capa de transporte	MPEG-2	No MPEG	MPEG-2	MPEG-2	Sin especificar	
Gama de frecuencias de enlace descendente de satélite (GHz)	Originalmente diseñada para 11/12 GHz, sin excluir otras gamas de frecuencias de satélite	Originalmente diseñada para 11/12 GHz, sin excluir otras gamas de frecuencias de satélite	Originalmente diseñada para gamas de frecuencia de satélite de 11/12 GHz y 4 GHz	Originalmente diseñada para 11/12 GHz, sin excluir otras gamas de frecuencias de satélite	Diseñada para 11/12 GHz y 17/21 GHz, sin excluir otras gamas de frecuencias de satélite	

## CUADRO 2 (continuación)

## d) Características técnicas (codificación de la fuente)

		Sistema A	Sistema B	Sistema C	Sistema D	Sistema E1	Sistema E2
Vídeo fuente codificación	Sintaxis	MPEG-2	MPEG-2	MPEG-2	MPEG-2	MPEG-4 AVC MPEG-2 genérico HEVC <sup>(4)</sup> No restringido	
	Niveles	Por lo menos el nivel principal	Por lo menos el nivel principal	Por lo menos el nivel principal	De bajo nivel a alto nivel	Niveles 3 y 4 No restringido, aplicable a todos los niveles	
	Perfiles	Por lo menos el perfil principal	Por lo menos el perfil principal	Por lo menos el perfil principal	Perfil principal	Perfil principal No restringido, aplicable a todos los niveles	
Formatos de imagen		4:3 16:9 (2,12:1 opcionalmente)	4:3 16:9	4:3 16:9	4:3 16:9	4:3 16:9 (opcionalmente 2,12:1) No restringido	
Formatos de imagen soportados		No restringidos, Recomendados: 720 × 576 704 × 576 544 × 576 480 × 576 352 × 576 352 × 288	720 × 480 704 × 480 544 × 480 480 × 480 352 × 480 352 × 240 720 × 1 280 1 280 × 1 024 1 920 × 1 080	720(704) × 576 720(704) × 480 528 × 480 528 × 576 352 × 480 352 × 576 352 × 288 352 × 240	1 920 × 1 080 1 440 × 1 080 1 280 × 720 720 × 480 544 × 480 480 × 480 352 × 240 <sup>(1).*</sup> 176 × 120 <sup>(1).*</sup> (*por transmisión jerárquica)	Recomendados para MPEG-2: 720 × 576 704 × 576 544 × 576 480 × 576 352 × 576 352 × 288 Recomendados para MPEG-4 AVC: 720 × 480 640 × 480 544 × 480 480 × 480 352 × 480 352 × 240 1 920 × 1 080 1 440 × 1 080 1 280 × 1 080 960 × 1 080 1 280 × 720 960 × 720 640 × 720 Recomendado para HEVC <sup>(4)</sup> No restringido	
Velocidades de trama en el monitor (por s)		25	29,97	25 ó 29,97	29,97 ó 59,94	25, 50 ó 100, 24, 30, 60 ó 120	

CUADRO 2 (fin)

d) Características técnicas (codificación de la fuente) (fin)

	Sistema A	Sistema B	Sistema C	Sistema D	Sistema E1	Sistema E2
Decodificación de la fuente audio	MPEG-2, Capas I y II	MPEG-1, Capa II; ATSC A/53 (AC3)	ATSC A/53 o MPEG-2 Capas I y II	MPEG-2 AAC	Audio compatible con versiones anteriores de MPEG-2 Capa II, MPEG-1 Capa II o MPEG-1 Capa I	MPEG-4 AAC, MPEG-4 ALS
Información de servicio	ETS 300 468	Sistema B	ATSC A/56 SCTE DVS/011	ETS 300 468	Sustentado	
EPG	ETS 300 707	Sistema B	Seleccionable por el usuario	Seleccionable por el usuario	Sustentado	
Teletexto	Sustentado	Sin especificar	Sin especificar	Seleccionable por el usuario	Sustentado	
Subtitulado	Sustentado	Sustentado	Sustentado	Sustentado	Sustentado	
Leyendas para personas con deficiencias	Sin especificar	Sí	Sí	Sustentado	Sin especificar	

- (1) También se aplica al periodismo electrónico, a los servicios interactivos y a otras aplicaciones por satélite.
- (2) Aunque los Sistemas E1 y E2 no utilizan entrelazado entre los códigos interno y externo, existe un entrelazador de bits antes del correspondedor de símbolos (salvo para QPSK).
- (3) No todas las velocidades de código internas se aplican a cualquier tamaño de trama FEC.
- (4) Recomendación UIT-T H.265 (2013) | ISO/IEC 23008-2:2013: Codificación de vídeo de gran eficacia.
- (5) QPSK y 8-PSK son obligatorias, 16-APSK y 32-APSK son opcionales para las aplicaciones de radiodifusión en DVB-S2.
- (6) QPSK, 8-PSK, 8-APSK-L, 16-APSK, 16-APSK-L, 32-APSK y 32-APSK-L son obligatorias para radiodifusión, 64-APSK y 64-APSK-L son opcionales para radiodifusión en DVB-S2X. Además, BPSK, 128-APSK, 256-APSK y 256-APSK-L están disponibles en DVB-S2X, las cuales no pueden aplicarse para radiodifusión. L indica modos optimizados para canales casi lineales.
- (7) Para servicios interactivos uno a uno hay modulación y codificación adaptativa, además de velocidad de código interna y potencia de transmisor.

CUADRO 3

## Cuadro de comparación de características

Modulación y codificación		Sistema A		Sistema B		Sistema C		Sistema D		Sistema E1 <sup>(9)</sup>		Sistema E2 <sup>(9)</sup>	
Modos de modulación soportados individualmente y en la misma portadora		QPSK		QPSK		QPSK		8-PSK, QPSK y BPSK		QPSK, 8-PSK, 16-APSK, 32-APSK <sup>(10) (11)</sup>		8-APSK-L, 16-APSK-L, 32-APSK-L, 64-APSK, 64-APSK-L <sup>(11)</sup>	
Calidad de funcionamiento (requiere definir C/N casi sin errores (QEF) (bit/s/Hz))		Eficacia espectral <sup>(1)</sup>	C/N para QEF <sup>(1)</sup>	Eficacia espectral	C/N para QEF <sup>(2)</sup>	Eficacia espectral <sup>(3)</sup>	C/N para QEF <sup>(4)</sup>	Eficacia espectral	C/N para QEF <sup>(5)</sup>	Eficacia espectral <sup>(7)</sup>	C/N para QEF <sup>(6)</sup>	Efi. Esp. <sup>(7)</sup>	C/N para QEF <sup>(8)</sup>
Modos	Código interno												
BBPSK Conv.	1/2	No utilizado		No utilizado		No utilizado		0,35	0,2	No utilizado			
QPSK	1/4	No utilizado		No utilizado		No utilizado		No utilizado		0,49	-2,3		
	13/45	No utilizado		No utilizado		No utilizado		No utilizado		No utilizado		0,57	-2,03
	1/3	No utilizado		No utilizado		No utilizado		No utilizado		0,66	-1,2		
	2/5	No utilizado		No utilizado		No utilizado		No utilizado		0,79	-0,3		
	5/11	No utilizado		No utilizado		0,54/0,63	2,8/3,0	No utilizado		No utilizado			
	9/20	No utilizado		No utilizado		No utilizado		No utilizado		No utilizado		0,89	0,22
	1/2	0,72	4,1	0,74	3,8	0,59/0,69	3,3/3,5	0,7	3,2	0,99	1,0		
	11/20	No utilizado		No utilizado		No utilizado		No utilizado		No utilizado		1,09	1,45
	3/5	No utilizado		No utilizado		0,71/0,83	4,5/4,7			1,19	2,2		
	2/3	0,96	5,8	0,98	5	0,79/0,92	5,1/5,3	0,94	4,9	1,32	3,1		
	3/4	1,08	6,8	No utilizado		0,89/1,04	6,0/6,2	1,06	5,9	1,49	4,0		
	4/5	No utilizado		No utilizado		0,95/1,11	6,6/6,8	No utilizado		1,59	4,7		
	5/6	1,2	7,8	No utilizado		0,99/1,15	7,0/7,2	1,18	6,8	1,65	5,2		
	6/7	No utilizado		1,26	7,6	No utilizado		No utilizado		No utilizado			
7/8	1,26	8,4	No utilizado		1,04/1,21	7,7/7,9	1,24	7,4	No utilizado				

CUADRO 3 (continuación)

Modulación y codificación		Sistema A	Sistema B	Sistema C	Sistema D		Sistema E1 <sup>(9)</sup>		Sistema E2 <sup>(9)</sup>	
	8/9	No utilizado	No utilizado	No utilizado	No utilizado		1,77	6,2		
	9/10	No utilizado	No utilizado	No utilizado	No utilizado		1,79	6,4		
8-PSK Reticular		No utilizado	No utilizado	No utilizado	1,4	8,4	No utilizado			
8-APSK-L	5/9	No utilizado	No utilizado	No utilizado	No utilizado		No utilizado		1,65	4,73
	26/45	No utilizado	No utilizado	No utilizado	No utilizado		No utilizado		1,71	5,13
8-PSK	3/5	No utilizado	No utilizado	No utilizado	No utilizado		1,78	5,5		
	23/36	No utilizado	No utilizado	No utilizado	No utilizado		No utilizado		1,90	6,12
	2/3	No utilizado	No utilizado	No utilizado	No utilizado		1,98	6,6		
	25/36	No utilizado	No utilizado	No utilizado	No utilizado		No utilizado		2,06	7,02
	13/18	No utilizado	No utilizado	No utilizado	No utilizado		No utilizado		2,15	7,49
	3/4	No utilizado	No utilizado	No utilizado	No utilizado		2,23	7,9		
	5/6	No utilizado	No utilizado	No utilizado	No utilizado		2,48	9,3		
	8/9	No utilizado	No utilizado	No utilizado	No utilizado		2,65	10,7		
	9/10	No utilizado	No utilizado	No utilizado	No utilizado		2,68	11,0		
16-APSK-L	1/2	No utilizado	No utilizado	No utilizado	No utilizado		No utilizado		1,97	5,97
	8/15	No utilizado	No utilizado	No utilizado	No utilizado		No utilizado		2,10	6,55
	5/9	No utilizado	No utilizado	No utilizado	No utilizado		No utilizado		2,19	6,84
	3/5	No utilizado	No utilizado	No utilizado	No utilizado		No utilizado		2,37	7,41
	2/3	No utilizado	No utilizado	No utilizado	No utilizado		No utilizado		2,64	8,43
16-APSK	26/45	No utilizado	No utilizado	No utilizado	No utilizado		No utilizado		2,28	7,51
	3/5	No utilizado	No utilizado	No utilizado	No utilizado		No utilizado		2,37	7,80
	28/45	No utilizado	No utilizado	No utilizado	No utilizado		No utilizado		2,46	8,10
	23/36	No utilizado	No utilizado	No utilizado	No utilizado		No utilizado		2,52	8,38
	2/3	No utilizado	No utilizado	No utilizado	No utilizado		2,64	9,0		
	25/36	No utilizado	No utilizado	No utilizado	No utilizado		No utilizado		2,75	9,27
	13/18	No utilizado	No utilizado	No utilizado	No utilizado		No utilizado		2,86	9,71
	3/4	No utilizado	No utilizado	No utilizado	No utilizado		2,97	10,2		
	7/9	No utilizado	No utilizado	No utilizado	No utilizado		No utilizado		3,08	10,65
	4/5	No utilizado	No utilizado	No utilizado	No utilizado		3,17	11,0		

CUADRO 3 (continuación)

Modulación y codificación		Sistema A	Sistema B	Sistema C	Sistema D	Sistema E1 <sup>(9)</sup>		Sistema E2 <sup>(9)</sup>	
	5/6	No utilizado	No utilizado	No utilizado	No utilizado	3,30	11,6		
	77/90	No utilizado	No utilizado	No utilizado	No utilizado	No utilizado		3,39	11,99
	8/9	No utilizado	No utilizado	No utilizado	No utilizado	3,52	12,9		
	9/10	No utilizado	No utilizado	No utilizado	No utilizado	3,57	13,1		
32-APSK-L	2/3	No utilizado	No utilizado	No utilizado	No utilizado	No utilizado		3,29	11,10
32-APSK	32/45	No utilizado	No utilizado	No utilizado	No utilizado	No utilizado		3,51	11,75
	11/15	No utilizado	No utilizado	No utilizado	No utilizado	No utilizado		3,62	12,17
	3/4	No utilizado	No utilizado	No utilizado	No utilizado	3,70	12,7		
	7/9	No utilizado	No utilizado	No utilizado	No utilizado	No utilizado		3,84	13,05
	4/5	No utilizado	No utilizado	No utilizado	No utilizado	3,95	13,6		
	5/6	No utilizado	No utilizado	No utilizado	No utilizado	4,12	14,3		
	8/9	No utilizado	No utilizado	No utilizado	No utilizado	4,40	15,7		
	9/10	No utilizado	No utilizado	No utilizado	No utilizado	4,46	16,0		
64-APSK-L	32/45	No utilizado	No utilizado	No utilizado	No utilizado	No utilizado		4,21	13,98
64-APSK	11/15	No utilizado	No utilizado	No utilizado	No utilizado	No utilizado		4,34	14,81
	7/9	No utilizado	No utilizado	No utilizado	No utilizado	No utilizado		4,60	15,47
	4/5	No utilizado	No utilizado	No utilizado	No utilizado	No utilizado		4,74	15,87
	5/6	No utilizado	No utilizado	No utilizado	No utilizado	No utilizado		4,93	16,55
¿Capaz de control de modulación jerárquico?	No	No	No	No	Sí	Sí			
Característica de velocidad de símbolos	Continuamente variable	Fijo, 20 MBd	Variable, 19,5 ó 29,3 MBd	Continuamente variable	Continuamente variable				
Longitud de paquete (bytes)	188	130	188		188	188 para trenes de transporte, definible por el usuario, hasta 64K para tren genérico. Son posibles: trenes de paquetes de longitud variable, trenes no empacados y paquetes de longitud superior a 64K; todos se consideran trenes continuos.			
Trenes de transporte sustentados	MPEG-2	Sistema B	MPEG-2		MPEG-2	MPEG-2 y el tren genérico			
						Todas IP			

CUADRO 3 (fin)

Modulación y codificación	Sistema A	Sistema B	Sistema C	Sistema D	Sistema E1 <sup>(9)</sup>	Sistema E2 <sup>(9)</sup>
Correspondencia de trenes de transporte con canales de satélite	Un tren/canal	Un tren/canal	Un tren/canal		1 a 8 trenes/canal	1 a 255 trenes/canal
Soporte para multiplex estadístico de trenes de vídeo	Sin limitación dentro de un tren de transporte	Sin limitación dentro de un tren de transporte	Sin limitación dentro de un tren de transporte		Sin limitación dentro de un tren de transporte. También puede ser posible a través de trenes de transporte dentro de un canal de satélite	Sin limitación dentro de un tren de transporte Sin limitación para trenes genéricos

ATOP: amplificador por tubo de ondas progresivas

- (1) Con una BER <math>10^{-10}</math>. Los valores de  $C/N$  para el Sistema A se refieren a resultados de simulación por computador logrados en una cadena de satélites ficticia, que incluye multiplex de entrada (IMUX), ATOP y multiplex de salida (OMUX) con caída de modulación de 0,35. Se basan en la hipótesis de decodificación de Viterbi por decisión programable en el receptor. Se ha adoptado una relación de anchura de banda/velocidad de símbolos de 1,28. Las cifras para  $C/N$  incluyen una degradación calculada de 0,2 dB debida a limitaciones de anchura de banda en los filtros IMUX y OMUX, distorsión no lineal de 0,8 dB en ATOP en saturación y degradación del módem de 0,8 dB. Las cifras se aplican a una BER =  $2 \times 10^{-4}$  antes del codificador RS (204,188), lo que corresponde a QEF a la salida del codificador RS. No se tiene en cuenta la degradación debida a la interferencia.
- (2) Con una BER de  $1 \times 10^{-12}$ .
- (3) Calculado por  $2(R_c)(188/204)/1,55$  ó  $2(R_c)(188/204)/1,33$  para conformación espectral normal y truncada, respectivamente, del Sistema C, donde  $R_c$  es la velocidad de código convolucional.
- (4) QPSK teórica (2 bits por símbolo)  $E_s/N_0$ , es decir,  $C/N$  medida en la anchura de banda de velocidad de baudios para conformación espectral normal y truncada, respectivamente. No incluye el margen de realización del soporte físico ni el margen de pérdida del transpondedor del satélite.
- (5) Estos valores han sido derivados de simulaciones por computador y se consideran valores teóricos. Los valores se aplican a una BER =  $2 \times 10^{-4}$  antes de RS (204,188) con anchura de banda de velocidad de baudios (anchura de banda de Nyquist). No incluye el margen de realización del soporte físico ni el margen de pérdida del transpondedor del satélite.
- (6) Estos valores provienen de simulaciones por ordenador con 50 iteraciones de decodificación de punto fijo LDPC, portadora perfecta y recuperación de sincronismo, sin ruido de fase y canal AWGN. La longitud de la trama FEC es de 64 800 bits. Los valores son válidos para PER =  $10^{-7}$ , donde PER es la relación, calculada después de la corrección de errores en recepción, entre los paquetes (188 bytes) útiles del tren de transporte afectados por el error y el total de paquetes recibidos. No incluye el margen de realización del soporte físico ni el margen de pérdida del transpondedor del satélite.
- (7) Definida como la relación entre la velocidad binaria útil y la velocidad por símbolo, sin símbolos piloto.

*Notas relativas al Cuadro 3 (continuación):*

- <sup>(8)</sup> Estos valores provienen de simulaciones por ordenador con 50 iteraciones LDPC, portadora perfecta y recuperación de sincronismo, sin ruido de fase y canal AWGN. La longitud de la trama FEC es de 64 800 bits. Los valores son válidos para  $FER = 10^{-5}$ , donde FER es la relación, calculada después de la corrección de errores en recepción, entre el número de tramas FEC normales recibidas afectadas por el error y el total de paquetes recibidos. No incluye el margen de realización del soporte físico ni el margen de pérdida del transpondedor del satélite
- <sup>(9)</sup> Las configuraciones de codificación y modulación de la lista se refieren a la trama FEC normal.
- <sup>(10)</sup> QPSK y 8-PSK son obligatorias, 16-APSK y 32-APSK son optativas para aplicaciones de radiodifusión en DVB-S2.
- <sup>(11)</sup> QPSK, 8-PSK, 8-APSK-L, 16-APSK, 16-APSK-L, 32-APSK y 32-APSK-L son obligatorias para radiodifusión, 64-APSK y 64-APSK-L son optativas para radiodifusión en DVB-S2X. Además, 128-APSK, 256-APSK y 256-APSK-L están disponibles en DVB-S2X, que no se utilizan para aplicaciones de radiodifusión. L indica modos optimizados para canales casi lineales.

## **Adjunto 1 al Anexo 3**

ETSI EN 302 307-1 V1.4.1, *Radiodifusión de vídeo digital (DVB) – estructura de trama de segunda generación, codificación de canal y sistemas de modulación para radiodifusión, servicios interactivos, periodismo electrónico y otras aplicaciones de satélite de banda ancha; Parte 1: DVB-S2*, [http://www.etsi.org/deliver/etsi\\_en/302300\\_302399/30230701/01.04.01\\_60/en\\_30230701v010401p.pdf](http://www.etsi.org/deliver/etsi_en/302300_302399/30230701/01.04.01_60/en_30230701v010401p.pdf)

## **Adjunto 2 al Anexo 2**

ETSI EN 302 307-2 V1.1.1, *Radiodifusión de vídeo digital (DVB) – estructura de trama de segunda generación, codificación de canal y sistemas de modulación para radiodifusión, servicios interactivos, periodismo electrónico y otras aplicaciones de satélite de banda ancha; Parte 2: Ampliaciones DVB-S2 (DVB-S2X)*, [http://www.etsi.org/deliver/etsi\\_en/302300\\_302399/30230702/01.01.01\\_60/en\\_30230702v010101p.pdf](http://www.etsi.org/deliver/etsi_en/302300_302399/30230702/01.01.01_60/en_30230702v010101p.pdf)

---