



Secretaría de Estado de Telecomunicaciones
y para la Sociedad de la Información



ASPECTOS TÉCNICOS RELACIONADOS CON LA RADIODIFUSIÓN POR SATÉLITE

Versión 2.0

Elaborado por

Subgrupo de Radiodifusión por Satélite

**Grupo Técnico del Foro de la Televisión
de Alta Definición en España**

Coordinado por
HISPASAT

Abril de 2008

Índice

1	OBJETIVOS.....	3
2	INTEGRACIÓN DE COMPONENTES. RECOMENDACIÓN DE ESTÁNDARES.....	3
2.1	MODELO DE REFERENCIA DE UNA PLATAFORMA DE SATÉLITE	3
2.2	DIFUSIÓN	4
2.3	CONTENIDOS	5
2.4	ENCRIPTADO Y METADATOS.....	6
2.5	PLATAFORMA SOFTWARE.....	6
2.6	CANAL DE RETORNO.....	7
3	INSTALACIONES DE RECEPCIÓN	7
3.1	EQUIPAMIENTO DE DISTRIBUCIÓN	7
3.1.1	<i>Distribución directa.....</i>	<i>8</i>
3.1.2	<i>Distribución con procesamiento de frecuencia.....</i>	<i>9</i>
3.1.3	<i>Distribución mediante transmodulación QAM.....</i>	<i>10</i>
3.1.4	<i>Transmodulación a DVB-T e IP.....</i>	<i>10</i>
3.2	EQUIPAMIENTO DE MEDIDA	11
3.2.1	<i>Características del equipamiento de medida.....</i>	<i>11</i>
3.2.2	<i>Caracterización en recepción de una señal DVB-S2 CCM.....</i>	<i>12</i>
3.2.3	<i>Caracterización en recepción de una señal DVB-S2 VCM.....</i>	<i>14</i>
3.3	ICT.....	14
4	IMPACTO ECONÓMICO DE LA MIGRACIÓN A LA TVAD	16
4.1	ACTUALIZACIÓN DE EQUIPAMIENTO	16
4.2	COSTES DE CONTRIBUCIÓN.....	17
4.3	ANCHOS DE BANDA DE DISTRIBUCIÓN.....	17

1 OBJETIVOS

El presente documento redactado para el Foro de la Televisión de Alta Definición, pretende reunir el estado del arte de la Televisión de Alta Definición (TVAD) en sus aspectos técnicos relacionados específicamente con las Plataformas de Radiodifusión por Satélite, en aquellas tareas asignadas a los Subgrupos de Trabajo.

2 INTEGRACIÓN DE COMPONENTES. RECOMENDACIÓN DE ESTÁNDARES

En este apartado se pretende describir los componentes de la arquitectura de una plataforma de distribución vía satélite y como se verán afectados por la inclusión de la alta definición, es decir, establecer las posibles opciones, que surgen en la arquitectura de la plataforma, y los estándares que los describen. No todos los componentes van a ser afectados aunque pueden aparecer nuevas opciones que pretenden ser contempladas. Sin embargo, esta visión sólo se va a plantear desde los estándares que proporciona la familia DVB.

2.1 *Modelo de referencia de una plataforma de satélite*

El modelo simplificado de referencia de una plataforma de satélite bajo estándar DVB está resumido en la Figura 1. En este modelo las dos posibles redes implicadas (difusión y de retorno) así como el posible acceso condicional ligado a alguno de los servicios incluidos en la trama MPEG-2, que transporta el contenido y datos anexados a él. Cada uno de estos elementos implica alguno de los estándares que a continuación se detallarán.

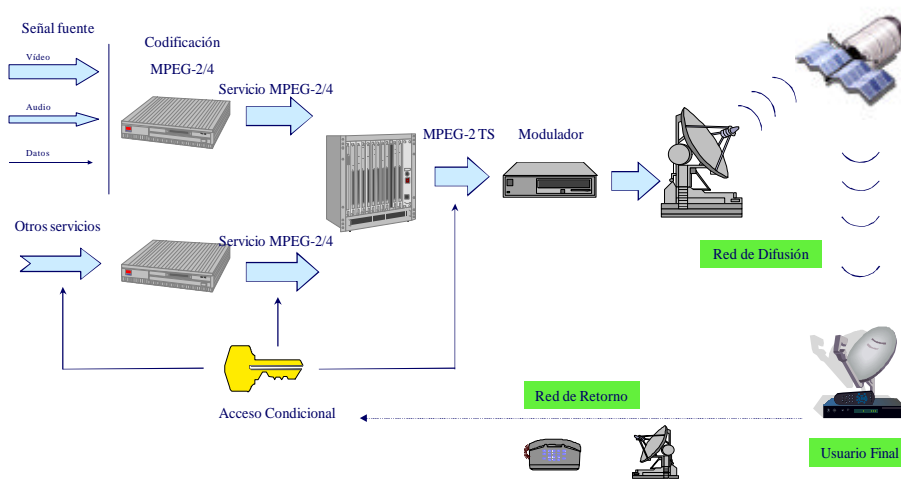


Figura 1. Modelo de referencia de una plataforma de satélite

Otro modo de obtener los posibles estándares que integrados forman una plataforma de satélite es plantear el modelo de referencia en las diferentes capas que apiladas forman el servicio que proporciona la plataforma. En este modelo aunque no se ha incluido el posible retorno si aparecen las capas desde la física hasta la de servicio, con los posibles estándares que están ligados a cada una de ellas.

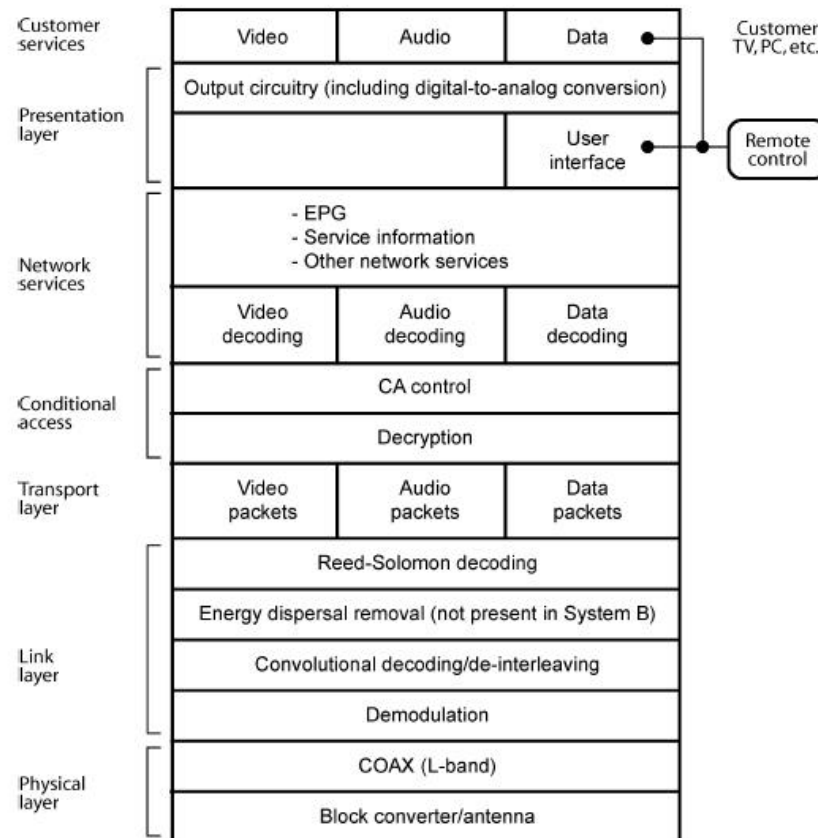


Figura 2. Modelo de referencia para DTH

2.2 Difusión

Los sistemas de distribución DVB aplicados a una plataforma de satélite le proporcionan una variedad de aproximaciones (DVB-S, DVB-S2 and DVB-SH). DVB-S es la solución más clásica y la más extendida en el mundo. Es el estándar DVB de más éxito puesto que se aplica en todos los países del mundo. DVB-S2 es la nueva solución DVB para mejorar la eficiencia y permitir que una plataforma mantenga aproximadamente el mismo número de programas, por transpondedor, en DVB-S que en DVB-S2 (utilizando MPEG4) cuando se emplee la alta definición. DVB-SH es la nueva solución para recepción multimedia en terminales de mano. Estos estándares definen la capa física y la capa de enlace del sistema de distribución. Los dispositivos interaccionan con la capa física bien vía un interfaz paralelo síncrono (SPI), un interfaz serie síncrono (SSI), o un interfaz serie asíncrono (ASI). Los datos transportados se transmiten en un trama de transporte MPEG2 (la trama de transporte MPEG4 es la misma que la de MPEG2) según se recoge en DVB-MPEG, o bien simplemente datos encapsulados en paquetes MPEG2.

Estos sistemas de distribución difieren en el esquema de modulación y en la técnica de codificación. DVB-S emplea modulación QPSK y DVB-S2 utiliza QPSK, 8PSK, 16APSK o 32APSK, aunque QPSK y 8PSK son las correspondientes al perfil de radiodifusión mientras que 16APSK y 32APSK corresponden a perfiles interactivos para aplicaciones como DVB-DSNG. Sin embargo el uso de una modulación u otra según sus necesidades. Por otra parte la codificación de DVB-S es un Reed-Solomon en cascada con un convolucional de tasa 1/2, 2/3, 3/4, y 5/6, 7/8, mientras que DVB-S2 implementa un código BCH en cascada con un código LDPC de tasas 1/4, 1/3, 2/5, 1/2, 3/5, 2/3, 3/4, 4/5, 5/6, 8/9 y 9/10. Las diferentes tasas de codificación permiten ajustar la velocidad binaria a la que necesita el proveedor de servicio. La Figura 3 muestra la eficiencia del nuevo DVB-S2 en comparación con la del DVB-S.

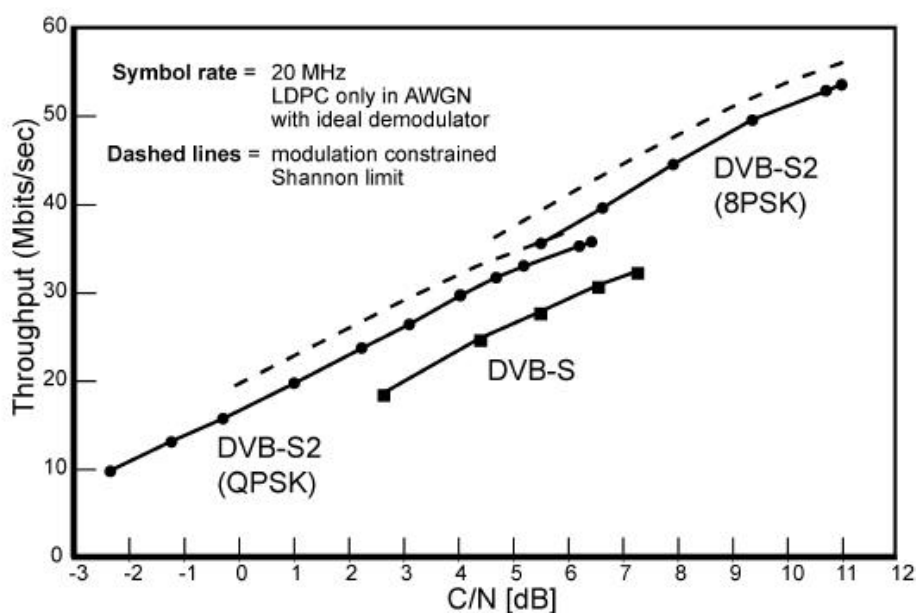


Figura 3. La nueva modulación y codificación de DVB-S2 incrementa notablemente el *throughput* de DVB-S

En definitiva, aunque hablar de alta definición no implica abandonar la codificación MPEG2 ni dejar de lado DVB-S, parece claro que si se apuesta para alta definición y se pretende mantener una eficiencia similar a la actual es necesario transitar hacia DVB-S2 y hacia MPEG4.

2.3 Contenidos

Los contenidos de video y audio han estado codificados habitualmente en MPEG2 (DVB-MPEG). No obstante la aparición del MPEG4 permite reducir en un 30% actualmente aunque se esperan reducciones del 50% con la implementación completa del estándar MPEG4-AVC/H-264 en una futura generación de codificadores.

Además de transmisión de audio y video, DVB define conexiones de datos (DVB-DATA - EN 301 192) con un canal de retorno (DVB-RC) a través de diferentes medios (DECT, GSM, PSTN/ISDN, satélite etc.) y diversos protocolos (DVB-IPTV: Protocolo de internet; DVB-NPI: protocolo independiente de red).

Se soportan tecnologías más viejas como el teletexto (DVB-TXT) y datos en el intervalo de sincronismo vertical (DVB-VBI *vertical blanking interval data*) para permitir una transición suave. Sin embargo, las alternativas digitales son mucho más avanzadas, como por ejemplo el DVB-SUB para el subtítulo.

Utilidades como el DVB-SUB puede ser necesario revisarlas a efectos de la adaptación a las nuevas definiciones presentes en HD.

2.4 Encriptado y Metadatos

El acceso condicional (DVB-CA) define un algoritmo común de encriptado (DVB-CSA) y un interfaz físico común (DVB-CI) para el acceso a contenidos encriptados. Los suministradores de DVB-CA pueden desarrollar su acceso condicional totalmente propietario dentro de estas especificaciones. Esta solución contempla la posibilidad de incluir múltiples sistemas de acceso condicional asignados a cada uno de los programas DVB incluidos en la trama, proporcionando una gran flexibilidad comercial para el proveedor de servicios. Esta flexibilidad sufre, sin embargo, los problemas asociados a las implementaciones comerciales del Interfaz Común, que no están completas ni se ha desarrollado un procedimiento de validación de las mismas.

DVB ha desarrollado un sistema de Protección de Contenidos y gestión de la copia para la protección de contenidos recibidos (DVB-CPCM), que pretende ser suficientemente flexible para permitir el uso de contenidos grabados en la red del hogar o mas allá, previniendo el intercambio incontrolado sobre Internet.

El flujo de transporte DVB incluye metadatos denominados información de servicio (DVB-SI, Service Information, ETSI EN 300 468, ETSI TR 101 211) que enlazan varios flujos de la trama elementales en un programa coherente y proporcionan una descripción legible tanto para las guías de programas electrónicas como para los sistemas automáticos de búsqueda y filtrado.

Como el acceso condicional parece que no necesita una adaptación para la transmisión de alta definición, el DVB-SI es necesario retocarlo ligeramente para incluir nuevos identificadores en el caso de la transmisión de MPEG-4. También otra pequeña reforma hay que realizar para considerar las nuevas resoluciones en el caso de del DVB-CPCM.

2.5 Plataforma Software

La Plataforma multimedia del Hogar (DVB-MHP *Multimedia Home Platform*) define una plataforma basada en Java para el desarrollo de aplicaciones de video consumo. Además de proporcionar abstracciones para la mayoría de los conceptos DVB y MPEG-2, incluye interfaces para otras posibilidades como el control de la tarjeta de red, descarga de aplicaciones, y gráficos por capas. Muy recientemente DVB ha decidido replantearse este estándar para resolver el problema de derechos de autor del mismo.

La plataforma MHP debe sufrir una adaptación a la alta definición, tanto por la necesidad de nuevos juegos de caracteres adaptados a HD, como de las nuevas abstracciones necesarias para soportar MPEG4.

2.6 Canal de Retorno

DVB ha estandarizado un número de canales de retorno que trabajan junto con DVB-S/S2 y que garantizan una comunicación bidireccional. A parte del retorno telefónico o vía ADSL, cabe especial mención a DVB-RCS (Canal de Retorno vía satellite) que especifica un red de tipo estrella que permite un canal de retorno por usuario de en bandas C, Ku y Ka con un ancho de banda de hasta 2 Mbit/s.

El canal de retorno no debería verse afectado por la alta definición, puesto que el planteamiento del mismo es el correspondiente a un sistema de comunicaciones asimétricas, sin que se haya concebido para proporcionar enlaces bidireccionales punto a punto de video HD.

3 INSTALACIONES DE RECEPCIÓN

En coordinación con el resto de aspectos recogidos en los apartados propios de las Plataformas de distribución de TVAD en su modalidad de Radiodifusión por Satélite descritos en este documento, en este apartado se realizará un análisis sobre revisión de especificaciones aplicables a la instalación de sistemas de recepción en los siguientes aspectos:

1. Equipamiento de distribución
2. Equipamiento de medida
3. ICT

3.1 Equipamiento de distribución

En lo que respecta al equipamiento de distribución, la televisión de alta definición vía satélite se distribuirá bien en su formato de modulación original o mediante un cambio de modulación que permita alcanzar mayor eficiencia espectral.

En el primero de los casos, la distribución en su formato de modulación original, se distinguirá entre la distribución directa de la señal (en su frecuencia original) de la distribución utilizando procesado de frecuencia, cambiando la frecuencia original.

En el caso de la transmodulación, el objetivo primordial es conseguir una mayor eficiencia espectral, de forma que el ancho de banda de la señal de satélite (36 MHz) pueda ubicarse en canalizaciones de 8 MHz en las bandas de UHF y VHF.

Además de las consideraciones a tener en cuenta en lo que respecta al equipamiento de distribución necesario en los casos mencionados, será necesario además, analizar las implicaciones acerca de elementos adicionales de la distribución, que incluyen la "Red de distribución", normalmente pasiva (derivadores, cajas de paso, tomas, *splitters*, etc) y los amplificadores que elevan el nivel de la señal para compensar las pérdidas de distribución de la red pasiva.

De modo general, se deberán tener en cuenta los siguientes aspectos en la distribución de televisión de alta definición vía satélite:

- ✍ Formato de modulación de la señal original
- ✍ Nivel de calidad de la señal en recepción
- ✍ Tipo de procesado que se efectúa sobre la señal
- ✍ Nivel de calidad de la señal de salida de cabecera de distribución
- ✍ Nivel de calidad de la señal en toma de usuario

En este apartado se analizan las implicaciones que cada una de las formas anteriores tienen sobre la distribución de TVAD en redes de distribución colectiva.

3.1.1 Distribución directa

En la distribución directa, la señal de televisión vía satélite es recibida (antena parabólica, conversor) y amplificada para compensar las pérdidas de inserción de la red de distribución.

Se diferencian en este método entre modulaciones con información en la fase (8PSK, QPSK) de modulaciones con información en la amplitud y fase (APSK).

Uno de los aspectos más importantes es el esquema de modulación de la señal original que será presumiblemente QPSK u 8PSK (*broadcast profile* del estándar DVB-S2) con CCM (Constant Coding and modulation). Si se utiliza la misma antena parabólica que la que se utiliza para la recepción de las señales DVB-S, se deberá tener en cuenta tanto la modulación como el FEC de la señal DVB-S2. Si se establece una frontera en la relación C/N necesaria para alcanzar la condición QEF en la C/N mínima necesaria para la recepción de una señal DVB-S QPSK FEC 7/8 (6.5 dB), se deberán distinguir las modulaciones y FECs del estándar DVB-S2 por encima y por debajo de este valor de C/N.

¡Error!

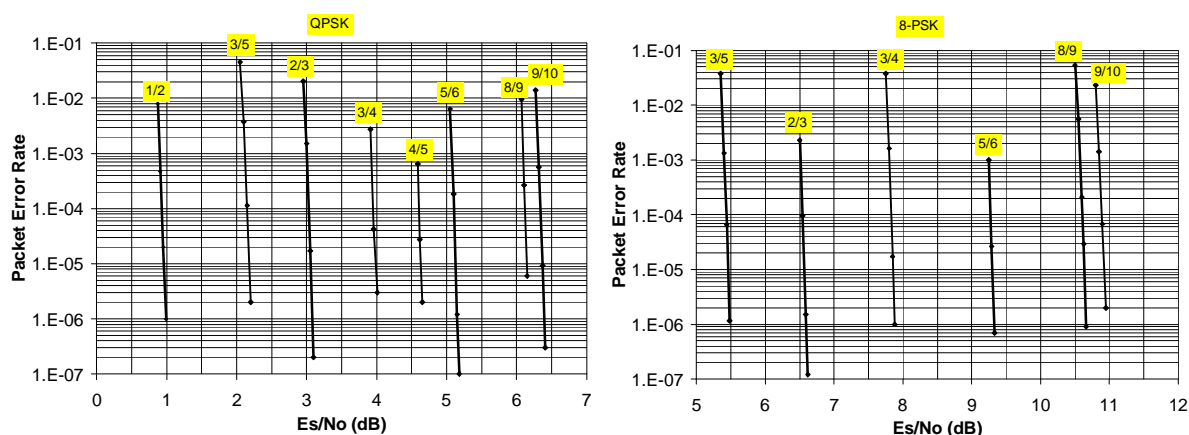


Figura 4: *Packet Error Rate para QPSK y 8PSK.*

Las que estén por debajo de este valor de modulación (ver la figura anterior), no presentarán a priori problemas derivados de la recepción. No obstante, otros aspectos como desajustamiento de la antena, envejecimiento del conversor, ruido de fase del conversor deben ser analizados.

Como norma general, si los elementos de recepción están preparados para recibir señales DVB-S, se puede decir que la recepción de señales DVB-S2 no presentará problemas, al menos en las modulaciones y FECs debajo del umbral antes mencionado.

El resto de modulaciones y FECs (8PSK $\frac{3}{4}$, 8PSK $\frac{5}{6}$, 8PSK $\frac{8}{9}$, 8PSK $\frac{9}{10}$) dependerán del margen de seguridad de los elementos de recepción. Una vez analizados los elementos de recepción, las señales recibidas vía satélite serán amplificadas para compensar las pérdidas de la red de distribución.

El proyecto ADI (Alta Definición Interactiva) llevó a cabo el análisis de la distribución directa de señales de DVB-S2 en el perfil *broadcast* (8PSK, QPSK) en redes de distribución colectiva, distinguiéndose la amplificación de la señal de la distribución por la red pasiva de la señal amplificada.

En lo que respecta a la amplificación, el perfil *broadcast* DVB-S2 no presenta diferencias respecto a lo conocido de distribución DVB-S. Se deberán tener en cuenta en la amplificación los parámetros tradicionales, tales como nivel mínimo de entrada, figura de ruido del amplificador, nivel máximo de salida y ecualización del nivel de salida para compensar las pérdidas de inserción proporcionales a la frecuencia.

En lo que respecta a la red pasiva, los resultados obtenidos en el proyecto ADI arrojaron una pérdida de relación C/N muy pequeña (alrededor de 1 dB) para casos de desequilibrios de amplitud de 5 dB producidos por desadaptaciones de la red pasiva de distribución.

Por ello se puede concluir que la distribución directa no presenta mayores inconvenientes más allá de los ya conocidos de la distribución directa de las señales DVB-S. Las únicas salvedades se corresponden con los formatos de modulación con C/N mayor que los 6.5 dB y las modulaciones con información en amplitud y fase (APSK). En el primer caso será necesario llevar a cabo la medida de calidad de señal (margen de enlace o incremento de C/N por encima del umbral de la modulación considerada) para establecer un margen de seguridad suficiente.

En el segundo caso, será necesario realizar medidas de distribución de señales DVB-S2 en formato APSK para verificar la idoneidad de los elementos de recepción y distribución con este tipo de modulaciones aunque no se prevé su utilización para difusión de señales.

3.1.2 Distribución con procesamiento de frecuencia

La distribución mediante procesamiento de frecuencia introduce a las consideraciones antes mencionadas de la distribución directa el análisis y recomendación de la máscara de ruido de fase para efectuar conversión de frecuencia con señales DVB-S2.

En las actividades del proyecto Palco-HD se encuentra el diseño y realización de un procesador de frecuencia intermedia para distribución de señales DVB-S2. Se proporcionarán medidas de margen de implementación de la solución a realizar. Como requisito preliminar, el margen de implementación (incremento en la relación C/N de entrada para mantener el margen de enlace de la señal de salida del procesador) no debería ser superior a 2 dB para las modulaciones de fase (8PSK, QPSK) en cualquier conversión a efectuar dentro de la banda de frecuencias de distribución (950-2150 MHz). No obstante, las modulaciones APSK no se utilizarán para la difusión de señales a los usuarios en redes de distribución colectivas.

3.1.3 Distribución mediante transmodulación QAM

Todo apunta a que las modulaciones utilizadas serán 128 QAM ó 256QAM, por razones de capacidad ya que la modulación 64QAM será insuficiente para ubicar la cantidad de información contenida en un transponder de DVB-S2.

Por otra parte, recientemente ha surgido en el DVB un grupo que pretende definir la segunda generación de modulación por cable DVB-C2, cuyo objetivo principal es acercar al límite de Shannon la capacidad de un canal de 8 MHz, utilizando modulaciones como 1024QAM ó 4096QAM. También se habla dentro del grupo de utilización de códigos LDPC, en vez de los Reed-Solomon tradicionales ya utilizados en DVB-S. La utilización de este sistema beneficiaría sin duda a las instalaciones colectivas de satélite.

Dentro del proyecto PALCO-HD se ha realizado exitosamente un transmodulador DVBS2-QAM.

3.1.4 Transmodulación a DVB-T e IP

Con el fin de aprovechar el eventual parque de decodificadores DVB-T de Alta Definición ya instalados en los hogares de los usuarios, se podría optar por transmodular la señal DVB-S2 a DVB-T. Esta transmodulación no puede ser transparente, puesto que la capacidad de un múltiple DVB-T es muy inferior a la de un transponder DVB-S2, por lo tanto, será necesario seleccionar los servicios que se quieren emitir en cada transmodulador. Por otra parte, la configuración de la señal del múltiple DVB-T no está sujeta a las condiciones de propagación terrestre, por lo que se podría optar por usar una configuración más ligera, con un consiguiente aumento de la capacidad. A la cabecera de transmodulación se podría añadir un canal de retorno y una pasarela de comunicaciones para implementar servicios interactivos.

Al igual que en el caso de DVB-C, se está trabajando en una evolución de la normativa DVB-T, que permitiría aprovechar los avances en diseño de la señal y codificación de canal para aumentar la capacidad. De cualquier manera, no se puede esperar que un futuro DVB-T2 se aproxime a la capacidad de un transponder DVB-S2, por lo que las afirmaciones anteriores se mantendrán también para este sistema.

Una mención especial merece la posibilidad de introducir la señal DVB-S2 en una red IP, como las que se utilizan en hoteles y otros edificios singulares no sujetos a la normativa ICT. Esto permitiría aprovechar la infraestructura montada para la recepción de otras señales vía IP para recibir la señal del satélite. El uso de una pasarela permitiría aprovechar la vía de retorno inherente en una red IP para implementar servicios interactivos.

3.2 Equipamiento de medida

En este apartado se analizan los diferentes parámetros y especificaciones referidas a equipamiento de medida para la caracterización suficiente de instalaciones con presencia de señales DVB-S2.

Para este análisis, se tienen en cuenta los dos modos principales: QPSK y 8PSK. Quedan fuera de esta recomendación los modos APSK (16 y 32) así como las funcionalidades Backwards-compatible y modulaciones jerárquicas.

La tabla 1 de la norma DVB-S2 (ETSI EN 302 307 V1.1.1 (2005-03)) indica, para servicios de radiodifusión, las principales características que deben cumplir los receptores; que, entre otras, con las siguientes:

- ✍ QPSK 1/2, 3/5, 2/3, 3/4, 4/5, 5/6, 8/9, 9/10
- ✍ 8PSK 3/5, 2/3, 3/4, 5/6, 8/9, 9/10
- ✍ CCM
- ✍ FEC FRAME normal (64.800 bits)

Quedando como prestaciones a incluir opcionalmente las siguientes:

- ✍ QPSK 1/4, 1/3, 2/5
- ✍ 16APSK y 32APSK
- ✍ VCM
- ✍ Multiple Transport Stream

3.2.1 Características del equipamiento de medida

Desde el punto de vista de los equipos de medida, hasta donde es hoy conocido, éstos deberán disponer de las siguientes características:

- ✍ Medida del BER antes de LDPC
- ✍ Medida del BER antes BCH

- ✍ Medida del PER antes del demultiplexor
- ✍ Medida de la potencia del canal
- ✍ Medida del C/N
- ✍ Medida del MER

Los resultados que se puedan obtener de las investigaciones y trabajos realizados dentro del proyecto PALCO-HD, podrán aconsejar la modificación de las anteriores características.

3.2.2 Caracterización en recepción de una señal DVB-S2 CCM

El nuevo estándar DVB-S2 dispone de unos potentes procedimientos de corrección de errores (LDPC y BCH) que hacen muy robusto el sistema frente a errores en la recepción. Así, en DVB-S2, las medidas de BER (*Bit Error Rate*) a la entrada de los módulos correctores, no indican la bondad de la señal recibida. Pequeñas variaciones en el BER o en el C/N (décimas de dB), pueden significar que el demodulador recupere correctamente todos los datos o que no pueda recuperar ninguno. Por ello, el único sistema, conocido hasta el momento, para asegurar la bondad de la recepción en DVB-S2 es la medida del PER (*Packet Error Ratio*) a la entrada del demultiplexor.

Tal y como indica la norma DVB-S2 (ETSI EN 302 307) se considera alcanzado el QEF cuando el PER es $<10^{-7}$. Para lograr medir con suficiente precisión este parámetro, el tiempo necesario es de alrededor de las 90 horas. Es por ello, que deben buscarse métodos alternativos para asegurar la calidad de una instalación.

El proyecto PALCO-HD, apoyado por el Ministerio de Industria y Comercio dentro de Profit 2007, tiene como uno de sus objetivos la determinación de los parámetros efectivos de medida para señales DVB-S2. En tanto no se dispongan de los resultados de estas investigaciones, la recomendación sobre los parámetros a medir y los niveles de aceptación deberán basarse en estudios teóricos.

Los datos disponibles en la propia norma DVB-S2 (Anexo H.1 radiodifusión de TV en modo CCM, capacidad de *bit rate* y requerimientos de C/N) indican, basados en estudios teóricos, lo siguiente:

- ✍ A igualdad de eficiencia espectral (por tanto, igual *bit rate* por canal), el estándar DVB-S2 en modo QPSK requiere 2 dB menos de C/N respecto DVB-S.
- ✍ A igualdad de C/N, DVB-S2 en QPSK proporciona una eficiencia espectral un 30% superior a DVB-S.

Estas afirmaciones se desprenden del siguiente gráfico:

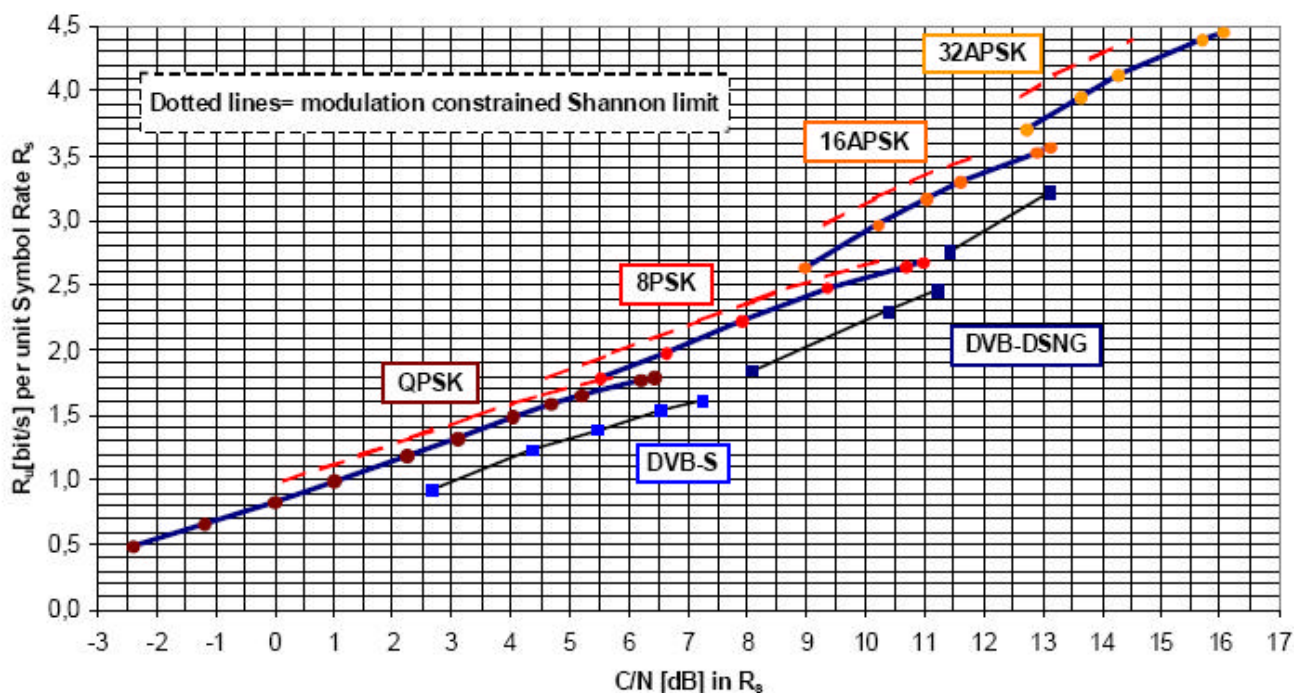


Figura 5: Comparación de la eficiencia DVB-S2 frente a DVB-S y DVB-DSNG

La relación C/N de la anterior gráfica se ha efectuado mediante simulaciones por ordenador con ruido AWGN y con sobre un demodulador ideal.

En los siguientes párrafos, se toma como premisa que las pérdidas en C/N debidas a un demodulador real DVB-S2 son muy similares a las de un demodulador DVB-S, aunque este extremo debe verificarse.

Por tanto, mientras no se disponga de los parámetros idóneos para la realización de medidas en DVB-S2, únicamente es posible el análisis por comparación con DVB-S. La experiencia acumulada en DVB-S y el gran número de instalaciones activas en recepción, hacen que los parámetros a medir recogidos en el reglamento de las ICT's sean un elemento de partida muy sólido.

Con la anterior exposición, puede proponerse como recomendaciones iniciales, a validar en pruebas de campo, las siguientes:

Manteniendo el valor de C/N > 11 dB recomendado en el actual reglamento de las ICT's (R.D. 401/2003 de 4 de abril, Anexo I, apartado 4.5), pueden quedar asegurados los modos DVB-S2 QPSK con independencia de FEC utilizado.

Los modos DVB-S2 8PSK pueden requerir un C/N superior que, en algunos modos 8PSK, puede significar aumentar el tamaño de la antena receptora.

Los anteriores valores de nivel de aceptación de mínimo (en C/N) deben ser validados desde el punto de vista práctico a través del proyecto PALCO-HD, siendo la presente recomendación un primer punto de partida.

3.2.3 Caracterización en recepción de una señal DVB-S2 VCM

La norma DVB-S2 contempla la posibilidad de transmisión según VCM en *broadcast*. En el anexo H.3 de la norma se expone un ejemplo de radiodifusión de servicios SDTV y HDTV con distinta protección.

En este caso el C/N de la señal debe ser tal que permita la recepción de las tramas con menor protección.

No obstante, tal y como indica la norma DVB-S2, el uso de VCM si bien se encuentra contemplado, es una característica opcional en los equipos de recepción, por tanto, es posible que no esté implementado en algunos de ellos.

3.3 ICT

En el proyecto PALCO-HD se ha propuesto la actualización de los contenidos de la ICT añadiendo los valores correspondientes a una señal 8-PSK (DVB-S2) a la tabla que contiene los niveles de calidad para los servicios de radiodifusión sonora y de televisión. Esta tabla es la contenida en el apartado 4.5 del Anexo I del RD 401/2003.

Los valores introducidos (marcados en rojo) han sido obtenidos mediante simulaciones teóricas para comprobar que los valores actuales propuestos para DVB-S son aplicables a DVB-S2. Esto es cierto salvo para la medida de la probabilidad de errores que es prácticamente imposible realizarla con una precisión adecuada en un tiempo razonablemente corto. En consecuencia para DVB-S2, a falta de estudios posteriores, la medida de calidad sólo podrá aplicarse a nivel de C/N.

Tabla 1 Actualización de la Tabla 4.5 del Anexo I del RD 401/2003

Parámetro	Unidad	Banda de frecuencia	
		15 – 862 MHz	950 – 2150 MHz
<u>Nivel de señal:</u> Nivel AM-TV Nivel 64AM-TV Nivel FM-TV Nivel QPSK-TV Nivel 8PSK-TV Nivel FM-radio Nivel DAB radio Nivel COFDM-TV	 dBμV dBμV dBμV dBμV dBμV dBμV dBμV dBμV	 57-80 45-70 (1) 47-77 47-77 (1) 47-77 (1) 40-70 30-70 (1) 45-70 (1, 2)	
<u>Respuesta amplitud/frecuencia en canal (3) para las señales:</u> FM-Radio, AM-TV, 64QAM-TV FM-TV, QPSK-TV, 8PSK-TV	 dB dB	 ±3 dB en toda la banda; ±0,5 dB en un ancho de banda de 1 MHz.	 ±4 dB en toda la banda;

Parámetro	Unidad	Banda de frecuencia	
		15 – 862 MHz	950 – 2150 MHz
COFDM-DAB, COFDM-TV	dB	± 3 dB en toda la banda	$\pm 1,5$ dB en un ancho de banda de 1 MHz.
Respuesta amplitud/frecuencia en banda de la red (4)	dB	16	20
<u>Relación Portadora/Ruido aleatorio:</u> C/N FM-TV C/N FM-Radio C/N AM-TV C/N QPSK-TV C/N 8PSK-TV C/N 64 QAM-TV C/N COFDM-DAB C/N COFDM-TV	dB	=15 =38 =43 =11 =11 =28 =18 =25 (5)	
Desacoplo entre tomas de distintos usuarios	dB	47-300 MHz = 38 300-862MHz = 30	= 20
Ecos en los canales de usuario	%	=20	
Ganancia y fase diferenciales:			
Ganancia	%	14	
Fase	°	12	
<u>Relación portadora/Interferencias a frecuencia única:</u> AM-TV FM-TV 64 QAM-TV QPSK-TV 8PSK-TV COFDM-TV (5)	dB	=54 =27 =35 =18 =18 =10	
<u>Relación de intermodulación (6):</u> AM-TV FM-TV 64 QAM-TV QPSK-TV 8PSK-TV COFDM-TV	dB	=54 =27 =35 =18 =18 =30 (5)	
BER QAM (7)		mejor que 9×10^{-5}	
BER QPSK (7)		mejor que 9×10^{-5}	
BER 8PSK (8)		No aplicable	
BER COFDM-TV (7)		mejor que 9×10^{-5}	

(1) Para las modulaciones digitales los niveles se refieren al valor de la potencia en todo el ancho de banda del canal.

(2) Para la operación con canales analógicos/digitales adyacentes, en cabecera, el nivel de los digitales estará comprendido entre 12 y 34 dB por debajo de los analógicos siempre que se cumplan las condiciones de C/N de ambos en toma de usuario.

(3) Esta especificación se refiere a la atenuación existente entre la salida de cabecera y cualquier toma de usuario. El parámetro indica la variación máxima de dicha atenuación dentro del ancho de banda de cualquier canal correspondiente a cada uno de los servicios que se indican.

(4) Este parámetro se especifica sólo para la atenuación introducida por la red entre la salida de cabecera y la toma de usuario con menor nivel de señal, de forma independiente para las bandas de 15 - 862 MHz y 950 - 2.150 MHz. El parámetro indica la diferencia máxima de atenuación en cada una de las dos bandas anteriores.

(5) Para modulaciones 64-QAM 2/3.

⁽⁶⁾ El parámetro especificado se refiere a la intermodulación de tercer orden producida por batido entre las componentes de dos frecuencias cualesquiera de las presentes en la red.

⁽⁷⁾ Medido a la entrada del decodificador de Reed-Solomon.

⁽⁸⁾ No es aplicable de modo práctico puesto que una medida por la duración de la misma.

4 IMPACTO ECONÓMICO DE LA MIGRACIÓN A LA TVAD

En este apartado se analiza el impacto económico de la migración de las Plataformas vía satélite de distribución de Televisión digital multiprograma de calidad estándar, para su adaptación a la Televisión de Alta Definición.

Los aspectos que condicionan económicamente la migración de servicios de TV digital en resolución estándar hacia su emisión en formatos de alta definición son:

- ✍ Costes por actualización de equipamiento
- ✍ Costes derivados de contribuciones externas más caras, al menos inicialmente
- ✍ Costes derivados de un mayor consumo de ancho de banda

4.1 Actualización de equipamiento

La figura muestra en forma simplificada la arquitectura de provisión de servicios de TV digital de Alta definición por satélite.

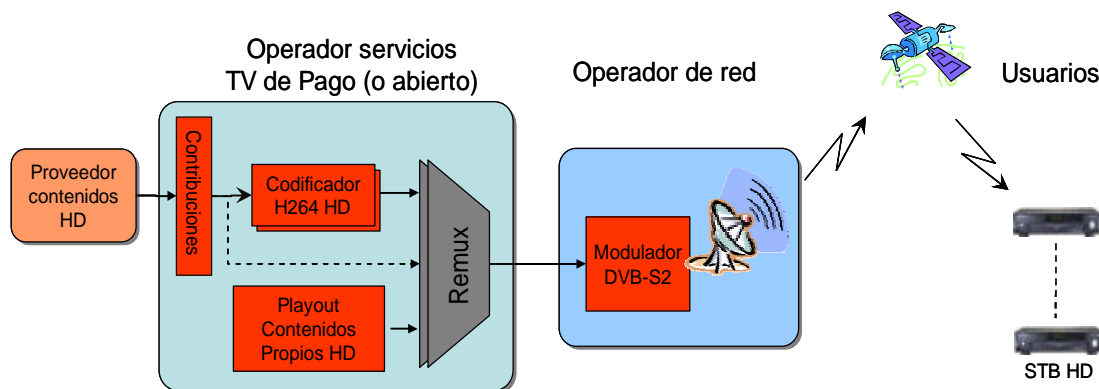


Figura 6: Arquitectura de provisión de TVAD por satélite

La separación lógica de roles entre Proveedor de Contenidos, Operador de Servicios y Operador de Red no siempre se cumple, pudiendo un mismo actor realizar más de una función. La lista del equipamiento a actualizar incluye:

- ✍ Equipamiento para la recepción de contribuciones
- ✍ Codificadores H262/H264 compatibles HD

- ✍ Sistemas de ingesta / servidores de Playout HD para contenidos propios, por ej. para canales de pago por visión (PPV)
- ✍ Posible migración y/o adquisición de moduladores DVB-S2
- ✍ Parque de receptores. Para modelos verticales, estos costes son asumidos normalmente por la plataforma de pago.

Salvo en lo que atañe a la adquisición de receptores por parte de Plataformas verticales de pago y/o la eventual actualización de codificadores fruto de la maduración de la tecnología de compresión, estos costes representan un gasto fijo inicial amortizado a lo largo de los años de provisión del servicio.

4.2 Costes de contribución

Al igual que en el caso de los canales en resolución estándar, el abanico de opciones para la recepción de contribuciones externas es amplio. A título de ejemplo, cuando la contribución consiste en uno o más canales generados externamente éstos se podrán recibir tanto en banda base HD-SDI como en formatos comprimidos mediante enlaces punto a punto en fibra, enlaces de satélite o por microondas.

El argumento de marketing más importante, sino el único, a la hora de desplegar con éxito los nuevos formatos de Alta Definición es que existe una gran diferencia en calidad con respecto a lo que se obtiene utilizando resolución estándar.

Resulta fundamental, por lo tanto, que las contribuciones lleguen en las mejores condiciones, evitando hasta donde resulte posible la utilización de formatos, anchos de banda y/o equipamiento de contribución que pudiera llegar a enmascarar los beneficios de una mayor resolución horizontal y vertical en origen.

✍ Por la utilización de anchos de banda para el transporte de las señales de contribución sensiblemente mayores que en el caso de televisión en formato estándar.

✍ Por la adecuación de infraestructuras por parte del proveedor de los contenidos. Previsiblemente, esos costes serán repercutidos hacia las plataformas cliente.

4.3 Anchos de banda de distribución

Dentro de un medio de distribución por satélite, en donde no existen a priori demasiadas limitaciones físicas al espectro disponible, se pueden plantear los siguientes escenarios básicos para la implantación de servicios en alta definición:

✍ Aparición de nuevos servicios únicamente en Alta Definición, sin añadir nuevos canales de RF. Para esto se reutilizaría ancho de banda disponible en transpondedores actualmente en uso, bien por estar libre o porque el Operador decida eliminar servicios poco atractivos de su oferta en SD.

✍ *Simulcast* de servicios en resolución estándar y alta definición, sin añadir nuevos canales de RF. Igual que en el caso anterior, aunque se necesitará

disponer de más ancho de banda libre al realizar la difusión simultánea de los nuevos contenidos en ambas resoluciones

✍ *Simulcast* de servicios en resolución estándar y alta definición, manteniendo el resto de la oferta del Operador sin modificar. En este caso seguramente resulte necesario el alquiler de nuevos transpondedores para acomodar los canales en alta definición, utilizando modulación DVB-S2.

La adopción de cualquiera de las primeras 2 opciones no genera gastos por alquiler de nuevos transpondedores, por lo que no tiene repercusiones económicas por ancho de banda.

Incluso se podría considerar que, como detonante de la cancelación de contratos de canales con baja audiencia, constituye un efecto beneficioso para la cuenta de resultados de la plataforma digital que explota estos servicios.

En cualquier caso, serán seguramente los departamentos de Marketing de las plataformas quienes finalmente dicten las estrategias para el despliegue de los nuevos servicios en Alta Definición.

ANEXO 1: GLOSARIO

C/N	Carrier/Noise
R_s	Symbol rate
R_u	Useful bit rate at the DVB-S.2 system input
AWGN	Additive White Gaussian Noise
BER	Bit Error Ratio
CCM	Constant Coding and Modulation
FEC	Forward Error Correction
HDTV	High Definition TeleVision
LDPC	Low Density Parity Check (codes)
PER	(MPEG TS) Packet Error Rate
QEF	Quasi-Error-Free
VCM	Variable Coding and Modulation