

TDT - Estado del arte

Anexo 6. Artículo Ingenium

DTT - State of the art

COLCIENCIAS TIPO 3. ARTÍCULO DE REVISIÓN

RECIBIDO: ABRIL 15, 2013; ACEPTADO: MAYO 30, 2013

Andrés Navarro Cadavid

anavarro@icesi.edu.co

Madelayne Morales

mmorales@iecee.org

Iván Abadía

iaabadia@icesi.edu.co

Universidad Icesi, Cali-Colombia

Resumen

Con la aprobación del *Plan para la implementación del servicio de televisión digital terrestre en Colombia* inició oficialmente la migración en el país, desde la transmisión análoga hacia la televisión digital. En Agosto de 2008 Colombia anunció la selección de DVB-T como estándar para la Televisión Digital Terrestre [TDT] y definió al 2019 como el límite para el apagón analógico en todo el territorio nacional. Sin embargo, en diciembre de 2011, esa decisión cambió y se notificó la adopción de DVB-T2, un estándar poco común en América Latina. Para una mayor comprensión de las implicaciones de estas decisiones, este documento presenta los antecedentes de la decisión, revisa, desde una perspectiva técnica, los estándares de TDT existentes y su aplicación en América Latina y presenta algunas aplicaciones y proyectos relacionados destacados en el área. El mayor aporte de este trabajo es que facilita comprender las diferencias y las ventajas del nuevo estándar adoptado y visualizar las posibilidades de esta tecnología en el contexto colombiano.

Palabras Clave

Televisión digital terrestre; DVB-T; DVB-T2; aplicaciones para televisión.

Abstract

By approving the *Plan for the implementation of digital terrestrial television service in Colombia*, this country officially launched the migration of its TV, from analog broadcasting to digital television. In August 2008, Colombia announced the selection of DVB-T as the standard for Digital Terrestrial Television [DTT]; also announced 2019 as the deadline for analogue switch throughout the country. However, in December 2011, a change of standard was notified, the country finally adopted DVB-T2, an uncommon standard for Latin America. For a better understanding of the implications of these decisions, this paper presents the background of the decision and review, from a technical perspective, actual DVB standards and their application in Latin America. It also presents some applications and projects featured in the area. The major contribution of this work is facilitates understanding the differences and benefits of the new standard adopted and let visualize the possibilities of this technology in the Colombian context.

Keywords

Digital Terrestrial Television; DVB-T; DVB-T2; apps for TV.

I. ANTECEDENTES Y SITUACIÓN ACTUAL

En 2006, la Comisión Nacional de Televisión [CNTV], antecesora de la actual Agencia Nacional de Televisión (ANTV) aprobó el proyecto *Plan para la implementación del servicio de televisión digital terrestre en Colombia* (CNTV, 2008), el que da inicio oficial a la migración desde la transmisión análoga hacia la televisión digital. Ese mismo año tuvo lugar en Bogotá el *Primer Foro de Televisión Digital*; en él, puso en consideración cada uno de los estándares: el americano (*Advanced Television System Committee* [ATSC]), el europeo (*Digital Video Broadcasting – Terrestrial* [DVB-T]) y el japonés (*Integrated Service Digital Broadcasting – Terrestrial* [ISDB-T]). A finales de dicho año, se realizó la transmisión de la semifinal del mundial de Alemania 2006 –considerada como la primera transmisión oficial de prueba en formato digital– desde el cerro de Calatrava, en donde se instaló la estación de transmisión oficial de RTVC [Radio y Televisión de Colombia], radiodifusora oficial del país (Carreño, 2010; CNTV 2009a).

El 29 de Agosto de 2008, la CNTV, tras realizar un análisis riguroso de los estándares existentes y basándose en estudios sobre los hábitos de consumo de televidentes, como el realizado por la firma Ipsos - Napoleón Franco (2008) y la medición del impacto socio-económico de la aplicación de los tres estándares, realizada por la Universidad de Antioquia, anunció la elección del DVB-T como estándar para la Televisión Digital Terrestre [TDT] en Colombia, convirtiéndolo en el segundo país de Latinoamérica en definir dicho estándar, después de Uruguay (Decreto 315, 2007) y uno de los dos –junto con Panamá (Decreto ejecutivo 96, 2009)– que adoptaron dicho estándar en la región –Uruguay decidió descartarlo en 2010– (Decreto 77, 2011). También se definió al 2019 como el año límite para el apagón analógico en todo el territorio nacional. Desde 2009 se instauraron distintos medios de difusión en varias ciudades del país, denominados *Foros de Televisión Digital*, en los cuales se capacitó a distintos círculos socio-económicos –en especial a los relacionados con los canales regionales– acerca de: el estándar adoptado, las ventajas del nuevo sistema y los principales retos del gobierno y las programadoras frente a esta nueva tecnología (CNTV, 2009b; DVB, 2012d; CRC, 2012; CNTV, 2010).

En enero 29 de 2010 se iniciaron las transmisiones oficiales de señal digital para televisión en Bogotá, en el cerro de Calatrava, para tres canales, producidos por RTVC, i.e., Canal Uno, Señal Colombia y Canal

Institucional. Así mismo, en el transcurso de 2010 se destinaron recursos para la instalación de cuatro nuevas estaciones de transmisión, que garantizan el cubrimiento del 45% del territorio nacional. En este año, la CNTV, asignó las frecuencias para canales públicos y privados a nivel nacional y para canales locales y regionales en la ciudad de Bogotá.

Y aunque en diciembre 22 de 2010, se reafirmó la decisión de adoptar el estándar DVB-T para Colombia y el uso de MPEG-4 y H.264.AVC como estándares de compresión de video, mediante el acuerdo 08 de la CNTV del 20 de Diciembre de 2011 (CNTV, 2010) al año siguiente, después de realizar un estudio sobre la migración de la norma DVB-T, la CNTV adoptó oficialmente un nuevo estándar para Colombia, la norma DVB-t2, por medio del acuerdo 04 de 2011 (CNTV, 2011). Este estándar conlleva una mejoría en la cantidad de canales a emitir por multiplexión o un aumento en las posibilidades de emisión de canales en HD y 3D.

Actualmente, el Ministerio de Tecnologías de la Información y las Comunicaciones [MinTIC] en conjunto con la ANTV y la Unión Europea, realizan programas de capacitación a lo largo del país, sobre el proceso de implementación tecnológico del estándar DVB-T2 en Colombia. Además, en varias ciudades, se realizan foros de actualización y capacitación para profesionales e interesados en temáticas relacionadas con televisión digital terrestre, y distintos círculos académicos (e.g., el SENA, la Universidad EAFIT, la Universidad Icesi y la Universidad del Cauca) se encuentran trabajando en áreas relacionadas con la implementación de esta nueva tecnología en el país. Asimismo, se plantean como principales retos de la televisión en los próximos años, el fortalecimiento de la televisión pública, la convergencia de distintos servicios de telecomunicaciones y el fomento de una mejor televisión para el televidente, a través del desarrollo de una televisión equitativa, educativa y pluricultural.

En 2012 la Asociación Colombiana de Ingenieros [ACIEM] preparó una listado de recomendaciones (ACIEM, 2012) acerca de las características técnicas mínimas para los receptores de TDT en Colombia DVB-T2, para la ANTV, con el fin de garantizar la interoperabilidad de los servicios y la adecuada calidad de la señal DVB-T2. Adicionalmente, se inició la implementación de DVB-T2 en Cali, Barranquilla, Medellín y Bogotá y se presentó un incremento en la oferta de decodificadores DVB-T2 en el país. Por su parte, los

canales privados, Caracol y RCN, comenzaron la transmisión de su programación en DVB-T2. Sin embargo la RTVC se ha visto afectada por la falta de asignación de la licitación, porque esto significa un retraso en la cobertura de los canales públicos en el territorio nacional. Además, a partir de 2011 se iniciaron los servicios de *Electronic Program Guide* [EPG] y *Close Caption* [CC] en las transmisiones de los canales privados.

Para 2013 los planes de la ANTV son: garantizar la cobertura en ciudades intermedias (e.g., Buga, Cartago y Barrancabermeja), que pueden recibir la señal con antenas bidireccionales; y cubrir con la señal privada de televisión a: Montería, Tunja, Sincelejo, Pasto, Popayán, Ibagué, Villavicencio, Riohacha, Valledupar, Neiva y los municipios aledaños a ellas. La Figura 1 muestra el mapa de cobertura de TDT en Colombia, a marzo de 2013.

Figura 1. Cobertura de la TDT en Colombia (tdt.com, 2012)



II. ESTÁNDARES EXISTENTES

Colombia adoptó el estándar DVB-T; sin embargo, debido al análisis y a aspectos normativos propios del país, estuvo vigente por muy poco tiempo, alrededor de un año; actualmente el estándar es el DVB-T2.

A. DVB-T y DVB-T2

DVB (Digital Video Broadcasting), proyecto de video digital de radiodifusión, es un consorcio conformado por doscientos operadores de radiodifusión, desarrolladores de red y software, cuerpos regulatorios y más de treinta y cinco países comprometidos en establecer un estándar técnico abierto, para el despliegue global de servicios de televisión y datos. El consorcio tiene desplegado toda una familia de estándares basados en las tecnologías que

emplean para la transmisión terrestre (T), satelital (S) y cable (C), y las que corresponden a dispositivos móviles que usan baterías (H) (ETSI, 2011a; ETSI 2012a; ETSI, 2010a).

DVB-T, se refiere al estándar basado en la codificación digital de los contenidos (e.g. audio, video, datos) con el que se obtienen ventajas de compresión, producto de la digitalización de los contenidos, que se ven reflejadas en el uso de un menor ancho de banda en comparación con la televisión análoga. Esto permite el uso más eficiente del espectro radioeléctrico [ERE], es decir la emisión de un número mayor de canales por el mismo ancho de banda – comparado con la televisión análoga tradicional– y la transmisión de contenidos en varios niveles de calidad: televisión de definición estándar [SDTV], televisión de definición mejorada [EDTV], y TV de alta definición [HDTV] (DVB, 2012a).

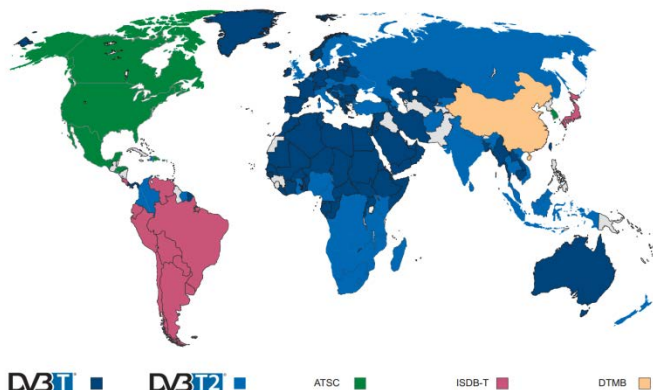
DVB-T2 es el sistema de televisión digital [DTT] más avanzado en el mundo; cuenta con las últimas técnicas de codificación y modulación, es más robusto y ofrece mayor flexibilidad y, al menos, 50% de mayor eficiencia que cualquier otro sistema de DTT. Combinado junto con el códec de video MPEG4, DVB-T2 puede proveer 45 Mbps de subida por multiplex en canales con un ancho de banda de 8 MHz, lo cual permite la transmisión eficiente de servicios de HDTV y también 3DTV (DVB, 2013).

La especificación DVB-T2 fue enviada a la ETSI en 2008 y adoptada en 2009. El primer lugar que desplegó DVB-T2 fue el Reino Unido, en donde los servicios de DVB-T2 fueron lanzados en marzo de 2010, junto al ya existente servicio DVB-T. En 2010 y 2011 se lanzaron servicios de este tipo en Italia, Suecia y Finlandia. Alrededor del mundo se están llevando a cabo ensayos y cada vez más países están considerando los servicios DVB-T2; actualmente, cuarenta y siete países han aprobado y aceptado el estándar.

Ambos servicios pueden ser prestados simultáneamente; en la mayoría de los países que tienen desplegado DVB-T2, aún se transmiten servicios de DVB-T. En la Figura 2 se puede observar el mapa de cobertura de DVB-T y DVB-T2 en el mundo; las zonas verdes corresponden a los países en los que no se tiene desplegado ninguno de los dos servicios, lo cual representa una excelente oportunidad para que inicien, de una vez, con DVB-T2, sin pasar por DVB-T. La elección entre uno y el otro depende de muchos factores y no se puede

generalizar la toma de la decisión, la misma que está ligada a la fecha del apagón analógico y a los servicios que se planea ofrecer.

Figura 2. Cobertura de los estándares DVB-T y DVBT2 (DVB, 2012c)



Actualmente, los países que tienen implementado el estándar están explotando sus funcionalidades básicas, con el objetivo de proveer servicios de televisión de alta capacidad. Sin embargo los beneficios de DVB-T2 van mucho más allá de la mejora en las características de capacidad y calidad, los nuevos escenarios de aplicación, y la reducción de los costos de implementación y operación, que DVB-T2 ofrece respecto de DVB-T. DVB-T2 permite desarrollar nuevos modelos de negocio en torno a una tecnología que posee una gama de productos receptores muy amplia, relacionados no sólo con Set Up Boxes [STB] y antenas, sino con computadores, portátiles, receptores de carro, radios y teléfonos inteligentes, entre otros. Para este propósito se publicó la especificación T2 – Lite (ETSI, 2010b), como una solución para suministrar TV móvil y portable; ha sido publicada como una solución de fácil implementación en la infraestructura de radiodifusión ya existente, que también puede usarse en combinación con la recepción de emisión T2 fija. La combinación de T2-Lite con una solución *unicast* con base en las especificaciones 3GPP representa un potencial éxito para la TV móvil.

T2-Lite fue presentado en julio de 2011 para soportar TV móvil y portable, y así reducir los costos de implementación. El nuevo perfil está definido como un subgrupo de DVB-T2 con dos nuevos tipos de codificación LDPC [*Low Density Parity Check*], porque sólo los elementos relevantes de la recepción móvil y portable han sido incluidos en el subconjunto de T2-Lite y la tasa de datos está restringida a 4 Mbits/s por PLP [*Physical Layer Pipes*], razón por la que se han reducido la complejidad del chipset en un 50%. Además, el uso del mecanismo de FEC [*Fast Error Correction*] avanzada permite

T2-Lite y T2 base ser transmitida en un canal de RF, incluso cuando los dos perfiles utilizan diferentes tamaños de FFT [*Fast Fourier Transform*] o intervalos de guarda.

Sin embargo no existen en la actualidad implementaciones de receptores T2-Lite. Los últimos demos fueron exhibidos por Thomson Broadcast en el *PlugFest 2012*, donde se reveló el éxito del nuevo perfil (Wells, 2012). Adicionalmente, Dinamarca declaró ser el primer país del mundo en transmitir TV móvil con base en el nuevo perfil del estándar DVB-T2 Lite.

DVB-T2 utiliza una modulación OFDM [*Orthogonal frequency-division multiplexing*], al igual que DVB-T, con un número grande de sub portadoras que entregan una señal robusta; ofrece además un rango de diferentes modos de modulación (i.e., QPSK [*quadrature phase-shift keying*], 16QAM [*quadrature amplitude modulation*], 64QAM, 256 QAM), haciéndolo un estándar bastante flexible. Hace uso de la decodificación para detección de errores LDPC – como hacen DVB-S2 y DVB-C2– y la combina con la codificación BCH [*Bose-Chaudhuri-Hocquengham*], ofreciendo una señal más robusta. Permite además manejar el número de portadoras y ajustar el tamaño del intervalo de guarda y las señales piloto; así, las cabeceras pueden ser optimizadas para cualquier canal de transmisión (ETSI, 2004; 2008a; 2009a; 2009b; 2010b; 2010c; 2011b; 2012b). La Tabla 1 resume algunas mejoras del estándar frente al DVB-T.

Tabla 1. Comparativo DVB-T vs DVB-T2 (DVB, 2013)

	DVB-T	DVB-T2
FEC	Codificación Convulacional + Reed Solomon 1/2 , 2/3, 3/4, 5/6, 7/8	LDPC + BCH
Modos	QPSK, 16QAM, 64QAM	QPSK, 16QAM, 64QAM, 256 QAM
Intervalo de guarda	1/4, 1/8, 1/16, 1/32	1/3, 19/128, 1/8, 19/256, 1/16, 1/32, 1/128
Tamaño FFT	2k, 8k	1k, 2k, 4k, 8k, 16k, 32k
Scattered Pilots	8% del total	1% 2% 4% 8% del total
Continual Pilots	2.0% del total	0.4 % - 2.4% (0.4%-0.8% en 8k-32k)
Ancho de banda	6, 7, 8 MHz	1.7, 5, 6, 7, 8, 10 MHz
Tasa de transferencia típica (UK)	24 Mbits/s	40 Mbits/s
Tasa de transferencia máxima (@20 dB C/N)	31.7 Mbit/s	40 Mbit/s
Rata C/N requerida	16.7 dB	10,8 dB

Como resultado, DVB-T2 puede ofrecer una mayor tasa de datos que DVB-T o una mejor y más robusta señal. Para comparación, se puede revisar las dos filas inferiores de la Tabla 1, que corresponden a la velocidad de datos máxima a una determinada relación C/N y la necesaria C/N como una tasa de datos fijo.

DVB-T2 contempló y abrió toda una nueva gama de servicios para los dispositivos móviles y portátiles, tales como PCs, portátiles, receptores de carro, radios, teléfonos inteligentes. T2-Lite es la adición al estándar que permite un soporte para la transmisión de televisión móvil y portable, así como la reducción de los costos de implementación. T2-Lite fue introducido en Julio de 2011, y es un perfil, subconjunto de DVB-T2; cuenta con dos tasas adicionales para la detección y corrección de errores usando LDPC; solo los elementos relevantes para la recepción móvil y portable están incluidos en T2-Lite, además, la tasa de transferencia está restringida a 4 Mbits/s por PLP. La complejidad de la implementación en el chipset ha sido reducida en un 50%. El mecanismo de FEC les permite, a T2-Lite y T2, base ser transmitidos en un canal RF, aun cuando los dos perfiles usan diferentes tamaños de FFT o intervalos de guarda (DVB, 2013).

B. DVB-H

La especificación DVB-H (ETSI, 2004) está enfocada en la transmisión de televisión digital para receptores de mano, como teléfonos móviles y *Portable Systems Devices* [PDS]. Este estándar se enfocó en dispositivos/receptores de mano que contaran con un tiempo de vida limitado de batería, en los cuales las condiciones de recepción de la señal presentarían dificultades. Las aplicaciones consideradas para su desarrollo fueron televisión móvil, video streaming y descarga de archivos.

Para el desarrollo del estándar, el grupo DVB se guió principalmente por requerimientos comerciales y por garantizar un ahorro de energía significativo en el receptor; comparado con DVB-T, ofrece un excelente rendimiento, mayor robustez en los ambientes de telefonía móvil y un soporte mejorado para la única antena de recepción en las redes de única frecuencia (SFNs). Por estas razones, DVB-H cuenta con un amplio apoyo de la industria y los servicios se encuentran ahora en el aire en más de diez países.

DVB-H, que es una extensión de DVB-T, cuenta con un mecanismo llamado multi-protocolo de

encapsulamiento, que permite transportar protocolos de la red de datos en la parte superior de flujos de transporte de MPEG2, junto con un esquema de corrección de errores hacia adelante (FEC), para mejorar la robustez y la movilidad de la señal. Además de contar con los modos 2K y 8K disponibles en DVB-T, cuenta con un modo adicional de 4K que incrementa la flexibilidad del diseño de la red. Un intercalador corto en profundidad fue introducido para los modos 2K y 4K —que conducen una mejor tolerancia contra el ruido—ayudando a alcanzar un nivel similar de robustez al del modo 8K). DVB-H cuenta además con lo que se conoce como *Time Slicing*, técnica principal que mejora los requerimientos de ahorro de energía, en el cual cada servicio individual de televisión se transmite en ráfagas, permitiendo al receptor entrar en modo de suspensión y solo despertar cuando el servicio que este sintonizando este transmitiendo. DVB-H está diseñado para el uso de Bandas III, IV y V, así como la L-banda.

En marzo de 2008 la comisión europea aprobó DVB-H como un estándar recomendado para la televisión móvil en Europa, instruyendo a los estados miembros de la Unión fomentar su implementación. Los servicios de televisión móvil DVB-H están al aire en Italia, Finlandia, Suiza, Austria, Holanda, Vietnam, Malasia, Indonesia, India, Filipinas, Albania, Nigeria, Kenia y Namibia. Más de cincuenta pruebas técnicas y comerciales han tenido lugar en todo el mundo; además se esperan lanzamientos comerciales en Francia, Rusia, Indonesia y Taiwán, entre otros. A medida que avanza el apagón analógico en toda Europa, el espectro que queda libre en las bandas UHF permitirá el despliegue de generalizado de redes DVB-H (DVB, 2011a).

C. DVB-S2

DVB-S2 es un sistema de transmisión satelital desarrollado por el proyecto DVB (Etsi, 2009c). Las transmisiones satelitales fueron la primera área abordada por el proyecto DVB, en 1993; los estándares DVB son la base de la mayoría de los servicios satelitales de televisión alrededor del mundo hoy en día, por lo tanto, de la televisión digital en general. Además con el tiempo se convirtió en el sistema más popular para la transmisión de televisión digital satelital, con cerca de 100 millones de receptores desplegados en el mundo. DVB-S2 hace uso de las últimas técnicas de modulación y codificación para permitir un rendimiento que aproveche los límites teóricos

de estos sistemas; estas técnicas avanzadas de codificación de canal, modulación y corrección de errores permiten crear un sistema que ofrezca una gama nueva de servicios comercialmente viables desde el principio.

DVB-S2 hace uso de la modulación QPSK a lo largo con varias herramientas del canal de codificación y corrección de errores. Con la adición de DVB-DSNG [*Digital Satellite News Gathering*], permite el manejo de cuatro modos de modulación. A continuación se describen los beneficios más reciente desarrollos y las características técnicas principales; asimismo, la Tabla 2 presenta una comparación con el estándar DVB-S.

- Hay cuatro modos de modulación disponibles: QPSK y 8PSK, destinados para aplicaciones de transmisión en los transpondedores de satélite no lineales accionados cerca de la saturación; y 16APSK y 32APSK, que requieren un nivel más alto de C/N, principalmente dirigido a aplicaciones profesionales como el periodismo y los servicios interactivos.
- DVB-S2 usa un esquema poderoso de corrección de errores hacia adelante (FEC), un factor clave que permite lograr un desempeño excelente en la presencia de niveles superiores de ruido e interferencia. El sistema de FEC está basado en la concatenación de BCH con LDPC.
- La codificación y modulación adaptable [ACM] permite que los parámetros de transmisión sean cambiados, en una base marco a marco, dependiendo de las condiciones particulares de la ruta de entrega para cada usuario individual. Está principalmente dirigido a la unidifusión de servicios interactivos y a aplicaciones punto a punto profesionales.
- DVB-S2 ofrece modos de compatibilidad hacia atrás opcionales que usan una modulación jerárquica –un legado de DVB-S– para que los receptores sigan funcionando mientras que se les proporciona una capacidad y servicios adicionales a los nuevos receptores.

DVB-S2 entrega un excelente desempeño, llegando cerca del límite de Shannon, la tasa de transferencia máxima teórica en un canal dado con un nivel de ruido. Se puede operar a relaciones de portadora ruido de -2 dB (es decir por debajo del umbral mínimo de ruido) con QPSK, hasta +16 dB usando 32 APSK. La Tabla 2 muestra la mejora en la eficiencia que DVB-S2 entrega cuando se

compara con DVB-S, con parámetros de TV por radiodifusión típicos, con ganancias en las tasas de bits útiles de más del 30% en cada caso (ETSI, 2012b).

Tabla 2. Comparación entre DVB-S y DVB-S2 para TV por radiodifusión (DVB, 2012b)

Satélite EIRP (dBW)	51		53.7	
Sistema	DVB-S	DVB-S2	DVB-S	DVB-S2
Modulación y Codificación	QPSK 2/3	QPSK 3/4	QPSK 7/8	8PSK 2/3
Rata de símbolos (Mbaud)	27.5 (a=0.35)	30.9 (a=0.2)	27.5 (a=0.35)	29.7 (a=0.25)
C/N (rn 27.5 MHz) (dB)	5.1	5.1	7.8	7.8
Tasa de bit útil	33.8	46 (ganancia = 36%)	44.5	58.8 (ganancia = 32%)
Número de programas SDTV	7 MPEG-2 21 AVC	10 MPEG-2 26 AVC	10 MPEG-2 20 AVC	13 MPEG-2 26 AVC
Número de programas HDTV	1-2 MPEG-2 3-4 AVC	2 MPEG-2 5 AVC	2 MPEG-2 5 AVC	3 MPEG-2 6 AVC

DVB-S2 fue rápidamente adoptado por la industria para la entrega de nuevos servicios. En Europa y en los Estados Unidos de América, un número mayor de operadores de radiodifusión usan DVB-S2, en conjunto con MPEG-4, para la entrega de servicios de HDTV (e.g., BSkyB, en el Reino Unido e Irlanda; Premiere, en Alemania; Sky, en Italia; y Directv, en Estados Unidos), creando un despliegue mundial basado en más de 250 millones de receptores DVB-S2.

Dos factores importantes han contribuido al éxito de DVB-S2: el primero, en agosto de 2006 el grupo de estudio de la Unión Internacional de Telecomunicaciones [UIT] sobre la entrega satelital, emitió una recomendación de DVB-S2 según la cual sólo puede adoptarse, como opción preferida para un *Sistema Digital Satelital de Radiodifusión con Configuración flexible (televisión, sonido y datos)* (UIT-R, 2007); el segundo, a finales de 2006, un anuncio de uno de los involucrados claves de los derechos de propiedad intelectual de DVB-S2 indicó que el costo de licenciamiento para los fabricantes de equipos DVB-S2 no debía exceder a un dólar (US\$1) por dispositivo de consumo o cincuenta centavos de dólar (US\$0,50) en cantidades que excedieran a 500.000. La seguridad establecida por este anuncio impulsó la rápida adopción de la norma en la difusión de satélites y telecomunicaciones.

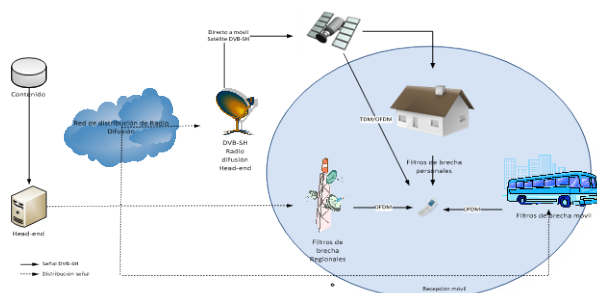
En julio de 2012 el proyecto DVB aprobó la nueva versión de la especificación con la adición de nuevas tecnologías para facilitar la recepción de señales de banda ancha (i.e. 200 MHz y 500 MHz). Asimismo, el grupo DVB-S2 está trabajando en extensiones adicionales para DVB-S2 (DVB, 2012b).

D. DVB-SH

DVB-SH es un sistema híbrido satelital/terrestre para la transmisión de video, audio y servicios de datos a los vehículos y dispositivos de mano. Hace uso de dos tecnologías de acceso: la satelital, para alcanzar una región grande, incluso un país; y la terrestre, para áreas donde la recepción directa de la señal de los satélites no es posible, proporcionando una cobertura amplia, sin problemas. Está diseñado para usar frecuencias menores a 3GHz, típicamente cerca de 2.2 FHz. Las especificaciones del sistema y la forma de la onda han sido publicadas como estándares por la ETSI (ETSI, 2010c; 2011b).

La televisión móvil ha estado en la mira de los proveedores de servicios para convertirla en un mercado de consumo masivo, debido al crecimiento y auge de los dispositivos móviles. El enfoque de DVB-H consiste en usar las bandas UHF, en las que actualmente se encuentran desplegados los servicios de televisión análoga y digital terrestre; en cambio DVB-SH está diseñado para explotar las altas frecuencias de las bandas S, donde hay menos congestión que en las bandas UHF. DVB-SH hace uso de OFDM para la elección natural en la modulación terrestre y sirve de base para ambos, DVB-H y DVB-T. Además DVB-SH introduce un segundo esquema, TDM [*Time Division Multiplex*], dejando dos términos de arquitecturas de referencia SH-A, que usa OFDM, ambos para un enlace satelital y terrestre; y SH-B, que usa TDM para un enlace TDM y OFDM para un enlace terrestre. En la Figura 3 se puede apreciar el diagrama de red con la implementación del sistema DVB-SH.

Figura 3. Despliegue de la red usando DVB-SH (DVB, 2011b)



La banda S es muy apetecida en términos de cobertura de la señal. Es de corto alcance (aproximadamente 13 cm), por lo que requiere de una red de repetidoras terrestres en los pueblos y ciudades. Naturalmente el costo de esta red puede ser reducido si la relación señal a ruido [SNR] requerido para la recepción estable es baja. Cuando se opera en la banda S, la carga del DVB-SH por las altas frecuencias, es compensada por herramientas que mejoran la robustez de la señal (ETSI, 2010a).

Al igual que en todos los sistemas de transmisión de DVB, los protocolos de transporte y todo lo relacionado con prestación de servicios, hacen parte de las capas superiores.

La combinación de una huella de satélite con una huella terrestre entrega cobertura completa a las terminales, a lo ancho de la nación, las cuales implementan los modos TDM y OFDM de SH, una combinación de SH y DVB-H o simplemente el modo OFDM y DVB-SH operando en SFN. La clave del despliegue serán las interfaces DVB-S con la existente capa DVB-IPDC y los servicios basados en ella. (ETSI, 2010a).

El despliegue en el mercado ha tenido eventos importantes como el lanzamiento del satélite geostacionario en Estados Unidos en abril de 2008, que garantiza los servicios de video, navegación de información y mensajería para emergencias.

En el mercado europeo se completó el primer piloto; asimismo la comisión europea confirmó en diciembre de 2006 el uso de la una parte de la banda S para desplegar servicios móviles satelitales y con ello mover el mercado de sistemas híbridos. Adicionalmente las autoridades regulatorias en Francia han considerado la provisión de servicios móviles de televisión usando una combinación de DVB-H y DVB-SH, con el uso de DVB-SH en las bandas UHF (DVB, 2011b).

E. ISDB-T

Existen otros estándares como el ISDB-T (*Integrated Services Digital Broadcasting*), de origen japonés, el más avanzado en la transmisión de televisión digital terrestre por radiodifusión.

En Sudamérica solamente Colombia adoptó el estándar europeo; en comparación, el resto de los países adoptaron el estándar Japonés. En la Tabla 3 se pueden observar los países que han adoptado dicho estándar.

Tabla 3. Países que adoptaron el estándar ISDB-T (DiBEG, 2008)

País	ISDB-T Adoptado	Inicio de prestación del servicio DTTB
Japón	----	Diciembre, 2003
Brasil	Junio 2006	Diciembre, 2007
Perú	Abril 2009	Marzo, 2010
Argentina	Agosto 2009	Abril, 2010
Chile	Septiembre 2009	
Venezuela	Octubre 2009	Junio, 2011
Ecuador	Marzo 2010	
Costa Rica	Mayo 2010	
Paraguay	Junio 2010	Agosto, 2011
Filipinas	Junio 2010	
Bolivia	Julio 2010	
Uruguay	Diciembre 2010	
Maldivas	Octubre 2011	

ISDB-T inició su transmisión en Japón en diciembre de 2003; la inclusión del *One-Seg*, el nuevo servicio de recepción portátil en el mismo canal de comunicación, inició en abril de 2006.

Aunque este estándar no es muy conocido en el mundo, por su tardía introducción al mercado internacional, es muy estable y cuenta con un gran soporte técnico; por lo menos en Suramérica, se ha hecho un trabajo descriptivo amplio sobre los aspectos teóricos del estándar. En la Tabla 4 se pueden observar sus características técnicas.

Tabla 4. Características técnicas de ISDB-T (DiBEG, 2008)

Item	Requerimiento
Alta calidad	HDTV en 6 MHz de ancho de banda
Robustez	Contra multi-pad, ruidos urbanos, desvanecimiento y cualquier otra interferencia.
Flexibilidad	
Del servicio	Cualquier servicio es posible en 6MHz de ancho de banda (Posibilidad de HD/SD)
De la recepción	Cualquier sistema de recepción (fijo/móvil/portátil) es posible en el mismo ancho de banda
Utilización efectiva del recurso de frecuencias	Posibilidad de SFN (Single Frequency Network – Isofrecuencia) para reducir frecuencias.
Interactividad	Armonización con la red
Compatibilidad	Se requiere la máxima compatibilidad para reducir los costos de recepción. Especialmente en la radio digital, es deseable un estándar común.

La alta calidad de ISDB-T está establecida por la adopción de la tecnología multiplex flexible (MPEG-2) y por el sistema de codificación de video/audio flexible y de

alta eficiencia (MPEG-2 y MPEG AAV); gracias a ello es posible ofrecer varias clases de servicios como: HDTV, HDTV + SDTV y Multicanales SDTV, entre otros.

Existen factores que afectan la recepción móvil y portátil, ISDB-T, para brindar robustez, adoptó el sistema de transmisión OFDM con la tecnología *Time Interleave*, lo cual se traduce en menor potencia de transmisión, capacidad de uso de antenas internas para la recepción, servicios móviles/portátiles, entre otros.

Gracias a la adopción de OFDM se puede construir una red de Isofrecuencia, lo que permite reducir frecuencias para transmisores de relevo. Además para el despliegue de servicios móviles, portátiles y fijos, se desarrolló una nueva tecnología llamada *Sistema de Transmisión Segmentada OFDM. One-Seg*, es un servicio portátil único, que usa un segmento de los 6 MHz, y que permite ahorrar frecuencias y costos en infraestructura a la compañía transmisora, operando con un ancho de banda muy pequeño, que se refleja en la reducción del consumo de baterías.

La compatibilidad de los receptores de ISDB-T es alta debido a que se implementa una tecnología común para los receptores satelitales, móviles y cableados (DiBEG, 2008).

F. MHP

Multimedia Home Platform (MHP) es un sistema intermedio (*middleware*), abierto, que permite el desarrollo de aplicaciones interactivas de televisión digital, independiente tanto del proveedor de servicios interactivos, como del receptor de televisión utilizado, lo que, a su vez, permite al mercado trabajar de manera horizontal en lo que respecta al desarrollo de contenidos. Esta plataforma, en conjunto con la *Globally Executable MHP* [GEM], son conjuntos relacionados de Java TM, basados en las especificaciones de *middleware* abierto desarrollado por el proyecto DVB.

Ambos, tanto MHP –actualmente existen tres versiones aprobadas– como GEM, fueron publicados como un estándar abierto por la ETSI. La Tabla 5 presenta un resumen de las versiones MHP aprobadas.

Debido a su carácter propietario –pertenece a Italia, país desde el cual se generó la iniciativa y sus desarrollos–, el estándar no tuvo gran acogida en el mercado Europeo; sin embargo, en Italia se implementa y se encuentra en funcionamiento (ETSI, 2008b; MHP, 2008).

Tabla 5. Versiones de MHP aprobadas (MHP, 2008)

MHP 1.0	MHP 1.1	MHP 1.2
Aplicaciones Broadcast	Adicionales:	Adicionales:
Datos vía IP	Almacenamiento de Aplicaciones	Perfil DVB-IP TV
Soporte por Cable, satélite y terrestre.	Aplicaciones por IP	No Soporte DVB IPTV
	Soporte smartcard	Aplicaciones de monitoreo
	Video de alta definición	Aplicaciones sin consolidar
	Gráficos de alta definición	
	Soporte VOD	
	Opción DVB-HTML	

G. HbbTV

Con la inclusión de conexiones de internet en los receptores DVB, la introducción de la plataforma de los Smart TV por los fabricantes y el deseo de los organismos de radio difusión por apalancar la conectividad de la televisión, nace HbbTV.

Enfocado en establecer una plataforma de negocios, HbbTV es un estándar dinámico que se ha caracterizado por ser abierto y neutral. El consorcio es multidisciplinario y su objetivo principal ha sido crear un estándar global para ofrecer servicios híbridos de entretenimiento. El estándar incluye componentes amplios para el despliegue y se basa en tecnologías como CE HTML, DVB, W3C y Open IPTV.

Actualmente cuenta con cuatro grupos de trabajo: especificaciones, mercadeo, certificación y pruebas (HbbTV, 2013). HbbTV es un estándar relativamente nuevo (febrero de 2009); ha tenido mayor acogida en Europa, por su característica de no pertenecer a ninguna empresa o país en particular, como sucedió con MHEG-5 (Reino Unido) y MHP (Italia).

HbbTV 1.1 fue publicado por la ETSI en junio de 2010, denominado ETSI TS 102 796 v1.1.1. Ahora el HbbTV 1.5, ha sido publicado como la v.1.2.1; las mejoras que trae incluyen compatibilidad DRM y *streaming* adaptativo MPEG-DASH, que permiten robustez y entrega monetizada. Actualmente se está desarrollando un trabajo con el HbbTV 2.0.

La estructura de HbbTV se sitúa en la base a CE-HTML, un subconjunto de XHTML diseñado para reducir las capacidades de las plataformas electrónicas

consumidoras. En la parte alta se define (mediante la especificación OIPF) un conjunto de APIs JavaScripts, el cual transforma una página web estática en un entorno de aplicación, lo que permite la interacción con ambientes de radiodifusión y streaming media sobre IP.

HbbTV está diseñado para enlazar aplicaciones a emisores de DVB; el flujo de radiodifusión contiene las Tablas de Información de Aplicaciones [AIT] con las que se asocian las aplicaciones con el servicio de radiodifusión. La distribución de las aplicaciones se puede hacer sobre IP, con los enlaces en las tablas, o sin conexión IP por medio del flujo de radiodifusión, usando medios *Digital Storage Media Command and Control* (DSM-CC).

HbbTV es un estándar global, que se ha preocupado por abstraer toda su funcionalidad y presentarse de forma transparente para los organismos de radiodifusión, los proveedores de contenido y los fabricantes. A esta ideología se debe su gran crecimiento y acogida en el poco tiempo que lleva en el mercado de la televisión digital y los servicios de IPTV (ETSI, 2010d; Digital TV Labs, 2012).

III. APLICACIONES Y PROYECTOS RELACIONADOS

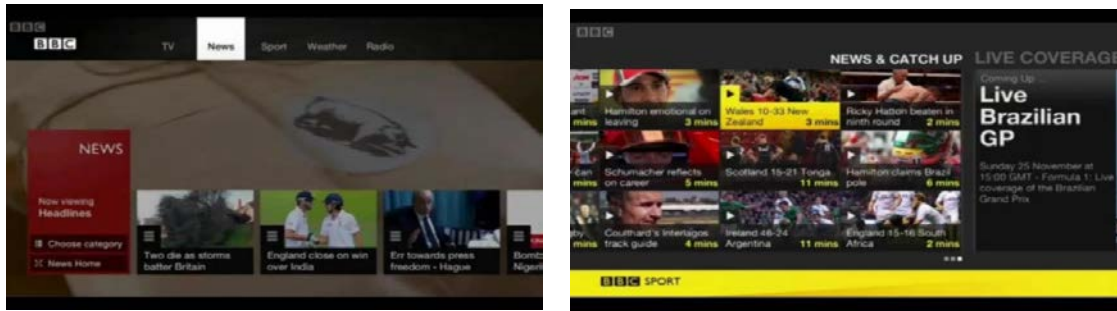
A continuación se presenta una serie de proyectos relacionados con aplicaciones bajo la tecnología en HBBTV y Ginga, de diferentes países que han adoptado esta tecnología, y con diferente propósito (informativos, educativos y de entretenimiento).

- *Red Button* (BBC, 2013). Servicio interactivo implementado por la cadena BBC de Londres, en el que, a través de la presión del botón rojo del control remoto, se accede, por medio de una conexión a internet, a una gama de servicios de interconexión, de entre los diferentes servicios y canales que presta esta radiodifusora.

La aplicación, en la que se pueden encontrar videos, noticias, avances, información de programación, imágenes y contenido adicional de toda la programación de la BBC, cuenta con un sistema de navegación flexible que se superpone de forma transparente sobre el programa que se está transmitiendo (ver Figura 4).

Asimismo posee una conexión con los servicios de radio, noticias y clima, con los canales dirigidos a una audiencia infantil, y con el reproductor de video de la cadena (iPlayer), con tan sólo oprimir un botón.

Figura 4. Despliegue de la aplicación Red Button en programación de la BBC (2013)



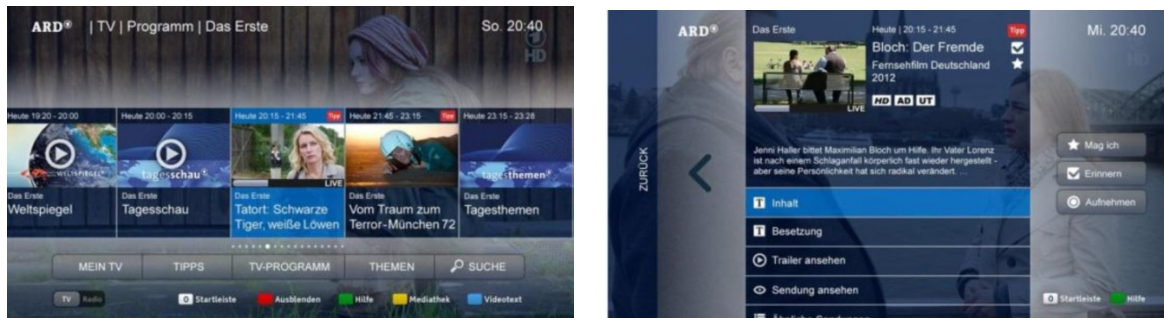
- Guías de programación (*Electronic Programme Guide – EPG*). Es uno de los principales desarrollos en la industria de la televisión, en él, se presentan constantemente grandes innovaciones en las guías de programación que usan los canales para brindar a la audiencia información relacionada con la descripción, la hora y la clasificación de los programas.

Aunque la mayoría de EPG se ha realizado por medio de la tecnología de teletexto, existen algunas que han sido realizadas como aplicaciones HBBTV, en las que se

presentan características particulares de interacción avanzada.

En el caso de la ARD (2012), por ejemplo, se superpone al programa que se está transmitiendo, en contraposición con la tendencia a minimizar o reservar un recuadro para el video; y, al contrario de la tendencia a presentar la información de forma vertical, ésta se presenta de forma horizontal, ofreciendo previews e imágenes del programa. Apartes de esta EPG se observan en la Figura 5.

Figura 5. Guía de programación de la ARD (2012)



Otro ejemplo de EPG, es la realizada por la France Television (2012). En ella, de una manera más clásica, el video se minimiza en un recuadro y se despliega la programación del canal.

Asimismo, a modo de portal, se puede encontrar una serie de servicios informativos relacionados con deportes, clima y noticias, sin dejar de sintonizar un programa. Esta guía se puede apreciar en la Figura 6.

Figura 6. Guía de programación de France Television (2012)



- Aplicaciones de entretenimiento relacionadas con la transmisión. Se pueden encontrar aplicaciones y contenidos relacionados con los programas que se transmiten. Éstos, sirven de apoyo o brindan información adicional al televidente que se encuentra observando el programa. En esta categoría se pueden encontrar: trivias o preguntas relacionadas con el contenido audiovisual; galerías de imágenes adicionales; textos explicativos de la materia; e incluso resúmenes de los contenidos que se

están transmitiendo. Ejemplos de esta clase de aplicaciones son las aplicaciones desarrolladas por France Television (2011) quien, para sus programas de concurso, realiza trivias y encuestas para conocer la impresión de los televidentes, y en sus programas de cocina brinda, paso a pasos, las recetas que se están realizando o el listado de los ingredientes que se están utilizando. Estas aplicaciones se pueden apreciar en la Figura 7.

Figura 7. Aplicaciones relacionadas con la programación (France Television, 2011)



- Aplicaciones deportivas. Corresponde a una de las áreas más exitosas de la televisión digital, en especial en países como Italia y Francia. A través de estas aplicaciones se logra brindar al espectador información exacta – adicional– al suceso deportivo que se está transmitiendo, e.g., la repetición de jugadas, las tablas de posiciones y resultados, los próximos eventos y la explicación de jugadas en tiempo real. Una de las transmisiones más

novedosas, a este respecto, la realizó IBM (2011) al transmitir, junto con el desarrollo de la final del Torneo de Tenis de Roland Garros, una aplicación en la que los televidentes podían encontrar información sobre el torneo, los tenistas, la tabla de posiciones, las jugadas que se iban presentando y los comentarios adicionales al partido. Esta aplicación se observa en la Figura 8.

Figura 8. Aplicación desarrollada para una transmisión de un partido del Roland Garros (IBM, 2011)



- Aplicaciones relacionadas con los canales. Aunque en la mayoría de los casos la información de la programación se puede encontrar en las EPG, en algunos se pueden realizar aplicaciones adicionales que le permiten al usuario

encontrar información destacada, publicidad e incluso programación de otros canales asociados. Un ejemplo de esta aplicación puede ser encontrado en la Figura 9.

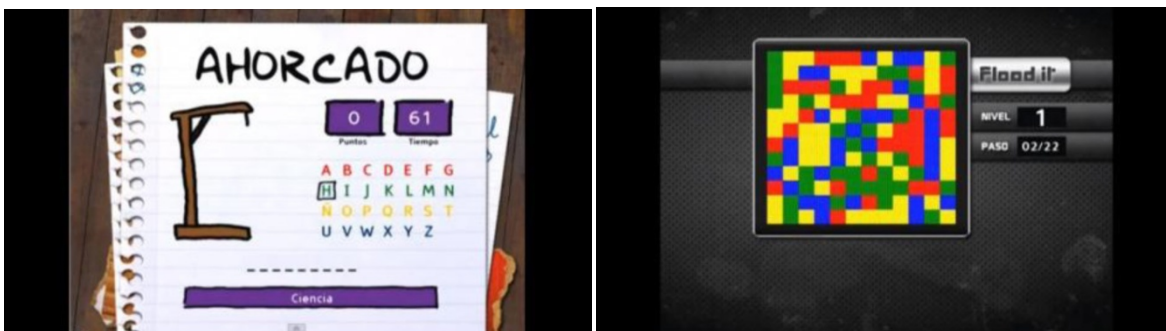
Figura 9. Aplicación adicional a la programación (Alcon, 2011)



- Juegos interactivos para televisión. También es posible encontrar aplicaciones de entretenimiento, completamente independientes de la programación, en las cuales, cuando se ingresa, la transmisión de video queda relegada a un segundo plano. Es el caso de los juegos interactivos, en especial los dirigidos a audiencias

especializadas (e.g. infantiles), en las cuales, por medio de la interacción con el control remoto, se espera lograr un objetivo de entretenimiento. En la Figura 10, se presenta una serie de juegos realizados en ginga para la tecnología ISDBT en Argentina; se trata de juegos básicos de trivia y acciones que combinan distintas teclas del control remoto.

Figura 10. Juegos interactivos en ISBDT (Ginga.ar, 2012)



IV. CONCLUSIONES Y TRABAJO FUTURO

Las tecnologías DVB-H y DVB-SH fueron concebidas para enfocarse en la prestación de servicios en dispositivos móviles o portables que hagan uso de una batería; DVB-H opera en la banda UHF y DVB-SH, pretende hacer uso de la banda S, donde se presenta una menor congestión que en las bandas UHF, y maneja la combinación de dos tecnologías (terrestre y satelital), lo que hace a DVB-SH mucho más atractiva. Sin embargo en el caso específico colombiano, la mejor opción para pensar en la alternativa de ofrecer servicios de televisión en dispositivos móviles es DVB-T2 y su línea T2-Lite, que nació precisamente para prestar este tipo de servicios, y que garantiza un ahorro en los costos de implementación.

Con la adopción de tecnologías como DVB-T2 Lite, DVB-H y DVB-SH, se abre un abanico de oportunidades de negocio, tanto desde la parte de desarrollo de hardware

que soporte y aproveche las características técnicas que ofrecen estos estándares, como en la parte de desarrollo de aplicaciones y servicios que se pueden ofrecer en el sector de los dispositivos móviles; todo un mercado nuevo en lo que se denomina *Televisión Portable*.

Adicional a esto, hay que considerar, que en el momento la demora burocrática en Colombia en el proceso de asignación de la licitación por parte de la RNTV para el despliegue de las estaciones base que presten el servicio de TDT2 de los canales públicas, seguramente repercutirá en el aplazamiento de la fecha límite para el apagón analógico, inicialmente propuesto para 2019.

Hay que tener en cuenta que el cambio de tecnología, además, presupone unas nuevas características técnicas, de transmisión y de realización de aplicaciones (e.g. los estándares HBBTV y HTML5), con caracterizaciones

distintivitas y procesos particulares, en comparación con las aplicaciones realizadas para la tecnología DVBT, lo que plantea nuevos campos de aprendizaje y de investigación en la materia.

V. REFERENCIAS

- Alcon, M. (2011). *Application launcher for HbbTV* [video en línea]. Recuperado de <https://www.youtube.com/watch?v=aBf7PM8PgII>
- Arbeitsgemeinschaft der öffentlich-rechtlichen Rundfunkanstalten der Bundesrepublik Deutschland [ARD] (2012). *Gutes Programm braucht Übersicht - Der ARD EPG auf HbbTV*. Recuperado de <http://programm.ard.de/TV/ARD-EPG--HbbTV/ARD-EPG>
- Asociación Colombiana de Ingenieros [ACIEM] (2012, Agosto) *Recomendaciones de las características técnicas mínimas para los receptores de televisión digital terrestre en Colombia en DVB-T2* [en línea]. Recuperado de: http://www.aciem.org/home/administrator/components/com_filecabinet/uploads/Recomendaciones_ACIEM_a_CRC_Receptores_TDT_Agt_2012.pdf
- BBC (2013a). *BBC Red Button Services* [video en portal BBC]. Recuperado de <http://www.bbc.co.uk/aboutthebbc/insidethebbc/whatwedo/redbutton/>
- Carreño, J.A. (2010). Palabras en inauguración de Andina Link, 2010 [no publicado]. Febrero 23 a 25, 2010. Cartagena, Colombia.
- Comisión de Regulación de Comunicaciones [CRC] (2012, septiembre). *Definición de las especificaciones técnicas de la TDT en Colombia* [documento amarillo]. Bogotá, Colombia: CRC. Disponible en <http://www.crc.com.co/index.php?idcategoria=64638&download=Y>
- Comisión Nacional de Televisión (2008). *Cuál es el estándar en televisión digital terrestre [rueda de prensa]. Canal Institucional (2008, agosto 28, 2:30pm)*. Recuperado de <http://youtu.be/22U0UmoQ2I0>
- Comisión Nacional de Televisión (2008, agosto 28). *Plan para la implementación del servicio de televisión digital terrenal en Colombia* [Presentación Estándar para Colombia]. Bogotá, Colombia: CNTV.
- Comisión Nacional de Televisión [CNTV] (2009b). *Informe sectorial de televisión 2009*. Bogotá Colombia: CNTV
- Comisión Nacional de Televisión [CNTV] (2009a). *Plan de Desarrollo 2010-2013*. Bogotá, Colombia: CNTV. Disponible en <http://telecomunicacionescolombianormatividad.files.wordpress.com/2012/10/plan-desarrollo-2010-2013.pdf>
- Comisión Nacional de Televisión [CNTV] (2010, diciembre 22). Acuerdo No. 08 - Aprobación del DBV-T. *Diario Oficial No. 47.931*. Bogotá, Colombia: Imprenta Nacional.
- Comisión Nacional de Televisión [CNTV] (2011, marzo 30). Acuerdo No. 04 - Aprobación del DVB-T2. *Diario Oficial No. 48.027*. Bogotá, Colombia: Imprenta Nacional. Disponible en http://www.antv.gov.co/normatividad/acuerdos/2011/acuerdo_004.pdf
- Decreto 315/007 (2007, septiembre 3). *Diario Oficial de la Republica Oriental del Uruguay, 102(27313)*. Montevideo Uruguay.
- Decreto 77/011. (2011, febrero 25). *Diario Oficial de la Republica Oriental del Uruguay, 106(28174)*. Montevideo Uruguay.
- Decreto Ejecutivo N°96 (2009, mayo 12) [Ministerio de Gobierno y Justicia (República de Panamá). *Gaceta Oficial Digital, 26279*. Ciudad de Panamá, Panamá. Disponible en <http://www.gacetaoficial.gob.pa/pdfTemp/26279/17612.pdf>
- Digital Broadcasting Experts Group [DiBEG] (2008) *Introduction of ISDB-T* [en línea, - portal DiBEG]. Recuperado de: www.dibeg.org/
- Digital TV Labs (2012) *The complex world of hbbtv. A white paper by the HbbTV experts* [en línea]. Recuperado de: http://www.digitaltv-labs.com/resource_pool/version/91/the_complex_world_of_hbbtv_-_white_paper.pdf
- DVB Project Office (2008). *MHP Technical Specifications* [en línea - portal MHP]. Recuperado de: www.mhp.org
- DVB Project Office (2011a, mayo). *DVB Fact Sheet – DVB-H - Broadcasting to Handheld Devices*. Recuperado de http://www.dvb.org/technology/fact_sheets/DVB-H_Factsheet.pdf
- DVB Project Office (2011b). *DVB Fact Sheet – DVB-SH - Satellite Services to Handheld Devices*. Recuperado de: http://www.dvb.org/technology/fact_sheets/DVB-SH_Factsheet.pdf
- DVB Project Office (2012a). *DVB Fact Sheet, DVB-T digital terrestrial television*. Recuperado de: http://www.dvb.org/technology/fact_sheets/DVB-T_Factsheet.pdf
- DVB Project Office (2012b). *DVB Fact Sheet – DVB-S2 - 2nd Generation Satellite Broadcasting*. Recuperado de http://www.dvb.org/technology/fact_sheets/DVB-S2_Factsheet.pdf
- DVB Project Office (2012c) *DVB Worldwide* [en línea]. Recuperado de: http://www.dvb.org/about_dvb/dvb_worldwide/DVB-T_map.pdf
- DVB Project Office (2012d). *Colombia* [en línea]. Recuperado de: http://www.dvb.org/about_dvb/dvb_worldwide/colombia/
- DVB Project Office (2013). *DVB Fact Sheet, DVB-T2 2nd generation terrestrial broadcasting* [en línea]. Recuperado de http://www.dvb.org/technology/fact_sheets/DVB-T2_Factsheet.pdf
- European Telecommunications Standards Institute [ETSI] (2004). *ETSI EN 302 304, v1.1.1, Digital Video Broadcasting (DVB); Transmission system for handheld terminals*. Sophia Antipolis: ETSI
- European Telecommunications Standards Institute [ETSI] (2008a). *EN 301 192, Rev. 1.4.2, Digital Video Broadcasting (DVB); Specification for data broadcasting*. Sophia Antipolis: ETSI
- European Telecommunications Standards Institute [ETSI] (2008b). *ETSI TS 102 819 V1.4.1, "Digital Video Broadcasting (DVB); Globally Executable MHP version 1.0.3 (GEM 1.0.3); Technical Specification"*. Sophia Antipolis: ETSI
- European Telecommunications Standards Institute [ETSI] (2009a) *ETSI TS 102 034 V1.4.1, Digital Video Broadcasting (DVB); transport of MPEG-2 TS based DVB services over IP based networks*. Sophia Antipolis: ETSI
- European Telecommunications Standards Institute [ETSI] (2009a) *ETSI TS 102 034 V1.4.1, "Digital Video Broadcasting (DVB); Transport of MPEG-2 TS Based DVB Services over IP Based Networks*. Sophia Antipolis: ETSI
- European Telecommunications Standards Institute [ETSI] (2009b) *ETSI Std. EN 300 744, v1.6.1, "Digital Video Broadcasting (DVB); Framing structure, channel coding and modulation for digital terrestrial television*. Sophia Antipolis: ETSI
- European Standard Telecommunications Institute [ETSI] (2009c). *Digital Video Broadcasting (DVB); Second generation framing structure, channel coding and modulation systems for Broadcasting, Interactive Services, News Gathering and other broadband satellite applications (DVB-S2)*. Sophia Antipolis: ETSI
- European Telecommunications Standards Institute [ETSI] (2010a). *ETSI TS 102 992 V1.1.1, Digital Video Broadcasting (DVB); Structure and modulation of optional transmitter signatures (T2-TX-SIG) for use with the DVB-T2 second generation digital terrestrial television broadcasting system*. Sophia Antipolis: ETSI
- European Telecommunications Standards Institute [ETSI] (2010b). *ETSI Std. TR 102 831, Rev. 0.10.4 Implementation guidelines for a second generation digital terrestrial television broadcasting system (DVB-T2)*. Sophia Antipolis: ETSI
- European Telecommunications Standards Institute [ETSI] (2010c). *ETSI EN 302 583, v1.1.2, Digital Video Broadcasting (DVB); Framing Structure, channel coding and modulation for Satellite Services to Handheld devices (SH) below 3 GHz*. Sophia Antipolis: ETSI
- European Telecommunications Standards Institute [ETSI] (2010d). *ETSI TS 102 769 V1.1.1, "Hybrid Broadcast Broadband TV (HbbTV); Technical Specification"*. Sophia Antipolis: ETSI
- European Telecommunications Standards Institute [ETSI] (2011a). *ETSI EN 302 755 V1.3.1, Digital Video Broadcasting (DVB); Frame structure channel coding and modulation for a second generation digital terrestrial television broadcasting system (DVB-T2)*. Sophia Antipolis: ETSI
- European Telecommunications Standards Institute [ETSI] (2011b). *ETSI Std. TS 102 584, Rev. 1.2.1, Guidelines for Implementation for Satellite Services to Handheld devices (SH) below 3GHz*. Sophia Antipolis: ETSI
- European Telecommunications Standards Institute [ETSI] (2012a). *ETSI TS 102 773 V1.3.1, "Digital Video Broadcasting (DVB); Modulator Interface (T2-MI) for a second generation digital terrestrial television broadcasting system (DVB-T2)*. Sophia Antipolis: ETSI
- European Telecommunications Standards Institute [ETSI] (2012b) *ETSI TS 102*

- 831 V1.2.1, *Digital Video Broadcasting (DVB); Implementation guidelines for a second generation digital terrestrial television broadcasting system (DVB-T2)*. Sophia Antipolis: ETSI
- France Television (2011). *Démo HbbTV sur TV LG* [video]. Recuperado de <https://www.youtube.com/watch?v=hfQuhlgMPic>
- France Television (2012). *France Television HbbTV portal* [video]. Recuperado de <https://www.youtube.com/watch?v=2s02hR7DZX0>
- Hbbtv (2013). *Working groups*. Recuperado de http://hbbtv.org/pages/hbbtv_consortium/working_groups.php
- IBM (2011). *Télévision interactive. La Démo HBBTV Roland-Garros* [video]. Recuperado de <https://www.youtube.com/watch?v=evoJugYXL7c>
- Ipsos - Napoleón Franco. (2008). *La gran encuesta de la televisión en Colombia* [presentación]. Recuperado de http://www.semana.com/documents/Doc-1774_20081024.pdf
- Laboratorio de Investigación y Formación en Informática Avanzada - Universidad Nacional de La Plata (2012). *Compilado de Juegos Ginga.ar* [video]. Recuperado de <https://www.youtube.com/watch?v=ibsA-giBl60>
- Mimnaughetal, A., Porter, M., Stockhammer, T., Gozálvez-Serrano, D., & Gómez-Barquero, D. (2008, enero 29). *Enabling mobile coverage for DVB-T* [en línea]. Recuperado de http://www.telecomsema.net/system/files/whitepaper/Digital+Fountain_DVB-T_WP.pdf
- Pinson, E (2010) *Coming next: 3D television over DVB-T2*. [en línea]. Recuperado de: http://www.teamcast.com/data/upload/files/3dtv_over_dvb_t2_final_310510_1OJoLX.pdf
- TDT.com.co (2012). *Cobertura* [en línea]. Recuperado de: <http://www.tdt.com.co/cobertura.htm>
- Unión Internacional de Telecomunicaciones - Sector de Radiocomunicaciones [UIT-R]. (2007). *Recomendación BO.1784 : Sistema de radiodifusión digital por satélite (televisión, sonido, datos) con configuración flexible*. Ginebra, Suiza: UIT
- Wells, N. (2012, marzo). *DVB-T2 (v1.3.1) Plug-Fest Successfully Completed* [en línea - DVB]. Recuperado de http://www.dvb.org/news_events/news/T2-Lite-Plugfest/index.xml

CURRÍCULOS

Andrés Navarro Cadavid. IEEE Senior Member. Ingeniero Electrónico (1993) y Magister en Gestión de la Tecnología (1999) de la Universidad Pontificia Bolivariana de Medellín (Colombia). Doctor Ingeniero en Telecomunicación de la Universidad Politécnica de Valencia (España, 2003). Actualmente es profesor titular y líder del Grupo de Investigación en Informática y Telecomunicaciones, i2T, de la Universidad Icesi de Cali (Colombia), y Consejero del Programa Nacional de Electrónica, Telecomunicaciones e Informática [ETI]. Sus áreas de interés incluyen los sistemas inalámbricos, su planificación y optimización, y los modelos de propagación de ondas de radio aplicables a la región Andina.

Madelayne Morales Rodríguez. IEEE Graduated Student Member. Ingeniera Telemática de la Universidad Icesi (2012) con interés en las áreas de planeación y gerencia de proyectos en Tecnologías de la Información y las Comunicaciones (TIC) y servicios interactivos. Desde su último año de carrera es miembro del grupo de investigación en Informática y Telecomunicaciones [i2T]

de Icesi donde actualmente hace parte del equipo de investigadores del proyecto *Servicio universal en cooperación Colombia-España para sistemas satélite de televisión* [Success TV], financiado por Colciencias.

Iván Alberto Abadía Quintero. Diseñador gráfico de la Universidad del Valle (2009). Se desempeñó como diseñador-investigador en el grupo EILA, de la Escuela de Ciencias del Lenguaje de la Universidad del Valle, donde participó en el proyecto Ambiente virtual basado en agentes de software para el aprendizaje de idiomas, financiado por Colciencias. En 2010, se vinculó al grupo de investigación i2t de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Icesi, al proyecto TEST (TESAmerica Software Training). En 2011, también en i2T, fue joven investigador de Colciencias (Futuro de la televisión digital en Colombia, sus paradigmas, sus requerimientos técnicos y las posibilidades de este medio dentro de la sociedad colombiana). Actualmente, trabaja en el grupo i2t, en el proyecto *Servicio universal en cooperación Colombia-España para sistemas satélite de televisión* [Success TV], financiado por Colciencias.