

# CCT-TVD-01

---

## ESTÁNDARES DE TELEVISIÓN DIGITAL

El objetivo del presente documento es describir las características esenciales de los diferentes estándares de televisión digital, de acuerdo a la información disponible a la fecha. Esta descripción no se centra en aspectos netamente técnicos, sino más bien el deseo de descubrir la filosofía por la cual fueron creados.

En la actualidad se tiene información de cuatro estándares de televisión digital: el estándar de Estados Unidos, llamado ATSC, el estándar de la Unión Europea, denominado DVB, el desarrollado por Japón, ISDB y el reciente estándar Chino, DMB. Todos estos estándares presentan desarrollos para las distintas alternativas de transmisión, sean estas terrestres, satelitales o por cable, a excepción del estándar Chino, del cual sólo se tiene información del caso terrestre.

### ATSC

Es un sistema de televisión avanzado de los Estados Unidos, preparado por Advanced Television Systems Committee y patrocinado por la Comisión Federal de Comunicaciones (FCC). Permite televisión digital de alta definición (HDTV, High Definition Television) o varios programas de televisión de definición estándar (SDTV, Standard Definition Television), opera con canalización de 6 MHz. Adopta el estándar de compresión y multiplexión MPEG-2, para video y AC-3 para audio.

El sistema ATSC fue diseñado para tolerar la interferencia proveniente de señales analógicas NTSC, ruido impulsivo, ruido de fase proveniente de los osciladores de los receptores y efecto de multitrayectorias moderados.

Se puso especial énfasis en la eficiencia espectral, capacidad de transmisión de datos y la habilidad para producir receptores simples y baratos. El estándar ATSC, al menos en la versión actual no permite múltiples modos, con diferentes combinaciones de capacidad y niveles de inmunidad. Tampoco permite la transmisión jerárquica para diferentes niveles de protección de datos.

Este estándar usa una modulación digital 8-VSB (Vestigial Side Band with 8 levels). Desde el punto de vista de la modulación, 8-VSB es equivalente a 64-QAM; la diferencia es que 8-VSB usa solo un eje de modulación para simplificar los circuitos de los receptores.

El sistema ATSC fue diseñado para operar esencialmente con un transmisor único de suficiente potencia para cubrir la totalidad del área de interés. Sin embargo, equipos repetidores y transmisores auxiliares (que son usados para cubrir regiones de sombra), pueden ser utilizados de forma limitada, operando sobre el mismo canal que el transmisor principal.

El estándar ATSC esta diseñado para recepción fija, con la capacidad potencial para desarrollar la recepción móvil.

# CCT-TVD-01

---

Las principales directrices seguidas en el diseño del sistema ATSC fueron:

- a. ATSC debe al menos igualar la cobertura de un sistema NTSC analógico.
- b. El estándar no debe ser ambiguo y permitir la rápida liberación de equipos en el mercado.
- c. La velocidad de transmisión debe ser maximizada.
- d. El sistema debe permitir la transmisión de HDTV en un canal de 6 MHz de ancho de banda.
- e. El nivel de protección para la transmisión de datos deberá ser el apropiado para situaciones de recepción normal.
- f. Para recepción bajo condiciones adversas, el rendimiento satisfactorio debe ser alcanzado con diseños de receptores más sofisticados. En particular, los circuitos de ecualización de la respuesta del canal deben ser más eficientes.

La más importante fuente de controversia del sistema ATSC ha sido su capacidad de recepción bajo difíciles condiciones de multitrayectoria, particularmente en el centro de las ciudades con muchos edificios altos que obstruyen a la antena transmisora. Bajo estas condiciones la respuesta del canal de comunicación, que idealmente debería ser plana, llega a ser altamente distorsionada, requiriendo el uso excesivo de filtros ecualizadores en los receptores.

En la actualidad para la recepción de señal HDTV se requiere el uso de antena externa.

La primera generación de receptores ATSC fue diseñada para ofrecer un rendimiento satisfactorio en la mayoría de los mercados de televisión americana. Los fabricantes de semiconductores, han realizado esfuerzos continuos para alcanzar un óptimo rendimiento de los ecualizadores bajo condiciones de propagación extremadamente difíciles.

Los ecualizadores de los receptores ATSC actuales operan normalmente bajo las más típicas condiciones de multitrayectoria. Sin embargo, deberíamos esperar un significativo progreso del rendimiento en las siguientes situaciones:

- a. Multitrayectoria en tramos de larga distancia (señales reflejadas que tienen mucho retardo).
- b. Multitrayectoria muy complicada (señal reflejada con amplitud igual o casi igual a la señal principal).
- c. Estructura de la multitrayectoria muy compleja (múltiples señales reflejadas de gran amplitud, creando problemas no previstos relacionados con la convergencia de los algoritmos de adaptación, errores de propagación, realce del ruido, etc.)
- d. Multitrayectoria dinámica con rápidas variaciones (recepción portable ó móvil, Efecto Doppler, etc.)

Esencialmente no hay limitaciones en el estándar para prever una evolución significativa en los ecualizadores del sistema ATSC. La evolución dependerá de las inversiones que realicen las compañías, en otras palabras, de las fuerzas de los mercados. Varias versiones de última generación de chips ecualizadores, con mejor rendimiento que los actuales, han sido anunciadas a partir del año 2000.

# CCT-TVD-01

---

En relación con los servicios interactivos el estándar ATSC, espera una evolución de mediano a largo plazo.

## DVB

Es un sistema de Televisión Digital estandarizado por ETSI (European Telecommunications Standards) y patrocinado por la Unión Europea. La denominación DVB corresponde a Digital Video Broadband. Este estándar permite la implementación de redes de frecuencia única, con lo cual utiliza un número menor de frecuencias para la distribución de la señal. Además privilegia el multicasting (programación televisiva en definición estándar, servicios de información y/o servicios interactivos). También permite la posibilidad de transmitir televisión de alta definición. Opera con canalización de 6, 7 ó 8 MHz y adopta el estándar de compresión y multiplexión MPEG, para audio y video. Permite la recepción móvil de televisión.

El sistema DVB-T, corresponde a la difusión de televisión terrestre, fue desarrollado en Europa, aprovechando la experiencia previa obtenida con DAB (Digital Audio Broadcasting), a objeto de transmitir televisión digital de definición estándar (SDTV). El canal de RF puede operar en un ancho de banda de 6 MHz, 7 MHz ó 8 MHz, escalando la frecuencia de los osciladores, sin que esto implique una diferencia en los costos de los receptores. Sin embargo, el estándar DVB-T puede ser usado con HDTV.

Europa intenta usar SDTV por lo menos por una década. La televisión de alta definición será introducida sólo después de completar la transición de televisión analógica a digital y liberando el espectro utilizado actualmente por estaciones analógicas.

El sistema DVB-T es probablemente el más complejo de la familia DVB debido al comportamiento del medio de transmisión al que se enfrenta. El estándar se basa en la utilización de la tecnología de modulación COFDM (Coded Orthogonal Frequency Division Multiplexing) que divide la información a transmitir entre un cierto número de portadoras (modo "2k" con 1.705 portadoras y modo "8k" con 6.817), cada una modulada individualmente con una tasa binaria baja, a fin de que el tiempo de símbolo sea mayor que la dispersión temporal del canal. Por otro lado, se protege la información a transmitir mediante códigos FEC (Forward Error Correction) y se realiza un entrelazado a nivel de byte para proteger la señal contra ráfagas de errores. Finalmente se introduce un

intervalo de guarda que se inserta entre símbolos consecutivos para evitar la interferencia intersimbólica y proteger a la señal frente a señales reflejadas (propagación multitrayecto).

Desde el punto de vista de la capacidad del canal, utilizar la banda de guarda es una carga que se justifica sólo cuando el canal sufre severos efectos de multitrayectoria. Por otro lado, en broadcasting (difusión unidireccional) es posible que varios receptores estén trabajando sólo bajo condiciones de multitrayectoria débiles, y para estos receptores la banda de guarda únicamente es una capacidad de canal derrochada.

El ensanchamiento de los símbolos es la razón principal para usar modulación COFDM. Es suficiente que la longitud de la banda de guarda sea menor que el intervalo de dispersión del canal. Sin embargo, la banda de guarda introduce pérdidas en la eficiencia

# CCT-TVD-01

---

del sistema que pueden ser altas, del orden del 25%, incrementando la banda espectral para una tasa de datos dada, y aumentando la potencia media transmitida, si se usa una réplica parcial del símbolo durante el intervalo de la banda de guarda, como lo establece la modulación COFDM.

El estándar DVB-T admite un gran número de combinaciones de parámetros de modulación, permitiendo el compromiso entre la tasa de transmisión de datos y el grado de protección de la información en función de la degradación del canal. Los parámetros de modulación (el número de portadoras, el tipo de modulación, la banda de guarda, la tasa de codificación), se pueden variar para permitir que en un canal de 6 MHz la tasa de transmisión de datos varíe entre 3,74 Mbps (el modo más robusto) y 23,75 Mbps (el modo menos robusto).

Las características del estándar permiten al DVB-T ofrecer un elevado grado de inmunidad frente a las señales reflejadas o la propagación multirrayecto, de hecho si la señal reflejada cae dentro del intervalo de guarda incluso puede beneficiar a la señal, y además presenta un elevado grado de inmunidad a interferencias de banda estrecha, como se puede considerar a las provocadas por las señales de televisión analógicas.

Por su parte, la señal digital afectaría a la señal analógica como ruido blanco, dado el gran ancho de banda de la señal, minimizando así el efecto interferente. Estas características hacen que canales no utilizados hasta ahora, llamados canales adyacentes, para evitar interferencias se conviertan en potenciales canales para el uso de DVB-T; además permiten la introducción de redes de frecuencia única (SFN, Single Frequency Networks).

Tradicionalmente, la planificación de televisión analógica con redes multifrecuencia (MFN Multifrequency Networks), ha enfrentado el problema de las interferencias co-canal prohibiendo la reutilización del mismo canal en transmisores cercanos. La configuración anterior se implementa con un arreglo convencional de 9 frecuencias, donde un mismo canal se prohíbe en aproximadamente el 90% del área. Por otra parte, en una red de frecuencia única todos los transmisores están sincronizados en términos de bit, frecuencia y tiempo, es decir, todos emiten lo mismo a la vez y en la misma frecuencia. Las ventajas en términos de eficiencia espectral son impresionantes. En donde antes se emitía un único programa analógico utilizando para ello 9 frecuencias, ahora se podrían emitir 9 tramas, una por canal, conteniendo cada trama un número de programas según el modo DVB-T seleccionado. A título de ejemplo si se codificasen 4 programas de televisión por trama resultaría en 36 programas utilizando el mismo espectro.

No obstante hay que pagar un precio por ello. En el área en cuestión no se permite la inserción de nuevos contenidos y se crean unos requisitos de sincronización muy estrictos. El DVB ha definido para ello una especificación (TR 101 191) de sincronización de tramas de transporte, conocida por especificación MIP (Megaframe Identification Packet) que introduce en la trama de transporte unos paquetes especiales que permiten a los moduladores de la red de difusión calcular el retardo introducido por la red de transporte y distribución y así sincronizarse. Este mecanismo requiere sin embargo de una señal de referencia externa de 10 MHz y 1 pulso por segundo para el correcto funcionamiento del sistema.

# CCT-TVD-01

---

Las bajas capacidades son usadas en situaciones donde la intensidad de la señal es importante (por ejemplo, en comunicaciones móviles), mientras que las altas capacidades deberían ser usadas cuando las condiciones del canal son buenas. Conceptualmente, el sistema DVB-T es una familia de estándares relacionados; en la práctica, es de alto costo construir un receptor que opere con todas las variaciones ofrecidas por el estándar DVB-T.

También, se produce interferencia de cada símbolo con el mismo. La dispersión del canal es equivalente a hacer que cada portadora "vea" una ganancia diferenciada del canal, requiriendo compensación propia en el receptor. El estándar DVB-T permite tonos piloto para la estimación del canal. Además se utiliza un cierto número de portadoras "fijas", y un conjunto de portadoras "móviles" (la frecuencia cambia de símbolo a símbolo). Al utilizar los tonos pilotos se introducen pérdidas del orden del 8% en la eficiencia espectral. Adicionando éstas a las pérdidas causadas por la banda de guarda, se puede alcanzar pérdidas combinadas de eficiencia espectral de más del 25%. El uso de Redes de Frecuencia Unica (SFN Single Frequency Network), permitiría compensar las pérdidas causadas por las bandas de guarda, aunque a muy alto costo.

Una fuente crítica de interferencia para la televisión digital es el ruido impulsivo, producido por el encendido del motor de un auto, descargas transcientes de aplicaciones eléctricas dentro de la casa, encendido de switchs eléctricos, etc. El estándar DVB-T no es particularmente inmune al ruido impulsivo, debido al uso de interpolaciones relativamente cortas. La defensa del estándar DVB-T considera que el ruido impulsivo no es significativo en la banda UHF. Sin embargo, existen antecedentes sobre las complicaciones que han experimentado los usuarios de la televisión digital en el Reino Unido con respecto al ruido impulsivo.

Hay innumerables servicios de valor agregado que se pueden dar a través de la televisión digital, como pueden ser las guías electrónicas de programas, el vídeo bajo demanda, el pay per view, el teletexto avanzado, el banco en casa, la tienda en casa, etc. En general, los servicios ofrecidos dependen del número de usuarios y del ancho de banda disponible, así raramente se ofrecerá un servicio de vídeo bajo demanda en una red DVB-T, pero sí un servicio de pay per view, en que el usuario elige qué programas quiere ver y cuándo.

Se pueden distinguir tres tipos de difusión de datos en función de la interactividad:

**Difusión de datos:** Los datos son difundidos periódicamente a todos los usuarios, el usuario puede después seleccionar localmente, es decir, interactividad local, que parte de los datos le interesa recuperar, bien sea de una memoria RAM en su receptor, bien sea esperando a que se vuelvan a difundir. En este tipo de aplicaciones el usuario no tiene poder sobre el contenido del canal descendente de difusión. Ejemplos son las guías electrónicas de programa, que permiten navegar entre los canales y programas disponibles, o el teletexto mejorado, en el que periódicamente se difunden un número elevado de páginas y el usuario, a través de menús en pantalla, selecciona que página quiere ver; desde el punto de vista del usuario la interactividad es total y sin embargo no se requiere un canal de retorno.

**Difusión interactiva:** el usuario dispone de un canal de retorno para la interactividad (dentro de la banda de televisión digital o a través de redes públicas de

# CCT-TVD-01

---

telecomunicaciones), no obstante no puede influir sobre los datos que se difunden en el canal descendente. Ejemplos de este tipo de aplicaciones son el pay per view, el casi vídeo bajo demanda, o incluso la difusión de cierto tipo de informaciones como listas de hoteles, de restaurantes, de cines, tiendas, etc., en las que el usuario después de seleccionar con interactividad local el hotel o restaurante que le interesa procede a enviar un mensaje, o una llamada telefónica, para, por ejemplo, realizar una reserva.

**Interactividad total:** el usuario recibe a través del canal de difusión información personal previamente solicitada a través del canal de retorno. Un ejemplo de este tipo de interactividad sería el vídeo bajo demanda, o el acceso a Internet.

Cabe destacar que la mayor parte de aplicaciones multimedia son fuertemente asimétricas, es decir, requieren un gran ancho de banda en el canal descendente (en nuestro caso canal de difusión) y poco en el ascendente (el canal de retorno). Los canales de difusión ofrecen una serie de ventajas, especialmente en aplicaciones portátiles y móviles, sobre otros medios convencionales de comunicaciones; entre otras se pueden destacar el elevado ancho de banda disponible (según la zona de cobertura), la portabilidad y la movilidad de los receptores y la capacidad para transmitir información común a un número elevado de usuarios (incluso todos) dentro de la zona de cobertura.

## ISDB

El sistema ISDB (Integrated Services Digital Broadcasting) ha sido desarrollado en Japón y su diseño está inspirado por el sistema DVB. Opera con canalización de 6 MHz. Este estándar utiliza redes de frecuencia única, además permite la recepción móvil de televisión. Para el caso particular de difusión terrestre, ISDB-T, también usa la modulación COFDM y pueden ser portadoras de "2k (1.405 portadoras)", "4k (2.809 portadoras)" y "8k (4.992 portadoras)". Una distinción importante del sistema ISDB-T es su empleo de intercalado, que puede ser configurado para un intervalo mucho más largo que el del sistema DVB-T, eliminando una de las debilidades del estándar europeo; a saber, sensibilidad frente al ruido impulsivo.

Una característica del estándar ISDB-T que no tiene equivalente en el estándar DVB-T es la Transmisión de Banda Segmentada (BST Band Segmented Transmission), que consiste en dividir la banda del canal de RF (6, 7, u 8 MHz) en 13 bandas, permitiendo que múltiples segmentos de datos puedan ser configurados. Cada segmento de datos puede tener sus propios esquemas de codificación y de modulación (la modulación puede ser QPSK, DQPSK, 16-QAM ó 64-QAM). Esto, por ejemplo, permite esquemas de transmisión jerárquicos que pueden ser puestos en práctica con hasta tres niveles de servicio. En un canal de 6 MHz (específicamente, 5,57 MHz), la tasa de transmisión puede variar entre 3,65 y 23,23 Mbps.

## DMB

El sistema DMB (Digital Multimedia Broadcast) ha sido desarrollado por China en los laboratorios de la Universidad de Tsinghua, con base en Beijing, junto con Legend Silicon, empresa de Estados Unidos. La meta del grupo es desarrollar un robusto y muy flexible

# CCT-TVD-01

---

esquema de modulación, que combina espectro extendido con OFDM (Orthogonal Frequency Division Multiplexing), para canalización de televisión digital de 8 MHz. Esta nueva tecnología de transmisión está diseñada para permitir a China el uso de su espectro no sólo para transmisión de televisión en definición estándar y alta definición, sino para futuros servicios de datos y con énfasis en aplicaciones de telecomunicaciones móviles.

## **Diferencias entre los estándares ATSC, DVB e ISDB**

Los estándares ATSC, DVB e ISDB son muy similares en la capa de transporte sin embargo sus características de modulación son muy distintas. Las diferencias en las “filosofías” usadas para elegir el sistema de modulación tienen un profundo efecto en las habilidades de los receptores para operar en el mundo real. La televisión analógica está basada en la proposición de que el receptor debería ser lo más simple posible. Esto implica garantizar un alto grado de robustez en la señal transmitida, de modo que aún los circuitos más simples, de los receptores más económicos, pudiesen operar satisfactoriamente. Esto explica, por ejemplo, la gran amplitud y larga duración de los pulsos de sincronización, el uso de modulación AM con portadora no suprimida, y otras soluciones técnicas que involucran grandes pérdidas de potencia y eficiencia espectral en la transmisión. Una excepción a lo anterior, es el uso de la modulación VSB, que reduce considerablemente el ancho de banda transmitido.

El sistema DVB (y también el ISDB) garantiza explícitamente la robustez de la señal transmitida. Esto es cierto por el uso de la banda de guarda para combatir los efectos de la multitrayectoria. Obviamente, el uso de la banda de guarda tiene un efecto adverso sobre la efectiva capacidad del canal, expresada en Mbps, reduciendo la capacidad del canal hasta en un 25%.

En la propuesta de Estados Unidos, la cantidad de información de protección introducida en la señal transmitida es baja, porque considera que los circuitos de los receptores son capaces de combatir los efectos de la multitrayectoria. Bajo la filosofía del sistema ATSC, la tasa efectiva de datos es maximizada incorporando sólo una suficiente cantidad de protección intrínseca a la señal transmitida. Los recursos más importantes introducidos en la transmisión son el tono piloto para la recuperación de la portadora, que incrementa la potencia transmitida en 0,3 dB, y un segmento especial para entrenar al ecualizador, que reduce los datos transmitidos en un 0,3%.

Hay muchos índices de rendimiento que pueden ser usados para comparar los méritos de los diferentes estándares, tales como:

- a. La densidad de potencia espectral de la señal transmitida.
- b. La razón de potencia máxima a potencia media.
- c. El rendimiento del receptor en presencia de ruido Gaussiano en la respuesta plana del canal.

Muchos de estos índices se derivan de las características de la señal transmitida, impuestas por el estándar, y no son controversiales. En este sentido las señales transmitidas por los diferentes sistemas están muy cerca de la señal teórica, por lo que no se esperan grandes mejoras en ese aspecto. Dependiendo del desarrollo técnico del

# CCT-TVD-01

---

receptor, algunos índices de rendimiento son rápidamente aceptados, porque se entiende, en aquellos casos, que los receptores están realmente trabajando cerca de su límite teórico.

La controversia que rodea a las pruebas comparativas llevadas a cabo en los sistemas ATSC y DVB (pruebas en Australia y en Brasil), reflejan simplemente el estado tecnológico actual de los receptores. Es interesante notar que las desventajas que a menudo son asignadas al estándar, son de hecho limitaciones en la implementación de los receptores.

Es importante destacar que la elección de un estándar de televisión digital debe estar basado en cuan bien puede satisfacer los requerimientos particulares de nuestro país. Lo anterior involucra otros factores no técnicos, pero críticos, tales como geográficos, económicos y relaciones políticas con los países vecinos. De esta manera, se necesita establecer las necesidades y a partir de éstas, investigar la información disponible sobre los rendimientos de los diferentes sistemas para hacer la mejor elección, donde pruebas experimentales rigurosas aportarán valiosa información para la toma de una decisión adecuada.

De acuerdo a lo expuesto podemos decir que resulta improcedente comparar los diferentes estándares, porque presentan enfoques diferentes, uno orientado a la movilidad y convergencia multimedial, promovido por Europa y el otro dirigido a la difusión de la televisión de alta definición y recepción fija, propuesto por los Estados Unidos.



# CCT-TVD-01

---

## Referencias

1. Considerations on the final SET/ABERT report for establishing a digital television standard in Brazil. Department of Communications School of Electrical and Computer Engineering. Campinas – SP- Brazil.
2. Performance Comparison of ATSC 8-VSB and DVB-T COFDM Transmission System for Digital Television Terrestrial Broadcasting. Dr. Yiyan Wu. Communications Center Canada.
3. La Difusión Digital Terrestre, una realidad en marcha. José Manuel Fernández y Jesús Fernández, Ingeniería e I+D. Retevisión. España.
4. Artículo 2001, odisea digital, TV Technology, 18 de abril de 2001.
5. China Plans Own Digital TV Standard (2/1/2001), Consulate General of the People's Republic of China.
6. Información entregada en CD-Rom, con presentación "Making DTV Work for You", DVB. Org.
7. Información entregada en CD-Rom, con presentación del estándar ISDB-T "Features and Relevant Information"
8. Servicios interactivos en TV digital: la plataforma multimedia en el hogar, Dionidio Oliver Segura, Relaciones Técnicas Externas de Canal Satélite Digital.
9. Televisión Digital Terrenal. Proyecto VIDITER. España.

Si se requiere el anexo de referencias, será adjuntado posteriormente.