

**Universidad de las Ciencias Informáticas**

**Facultad 2**



**Contribución al estudio de las normas de  
Televisión Digital.**

Trabajo de Diploma para optar por el Título de  
Ingeniero en Ciencias Informáticas.

**Autores:**

- Alejandro Hernández Ramírez
- Dayniel Álvarez Batista

**Tutor:** Dr. Amado García Simón

**Tutor:** Ing. Rita Elena López Díaz

Ciudad de La Habana, Junio 2009 “Año 51 de la Revolución”

## DECLARACIÓN DE AUTORÍA

Declaramos ser autores de la presente tesis y reconocemos a la Universidad de las Ciencias Informáticas los derechos patrimoniales de la misma, con carácter exclusivo.

Para que así conste firmamos la presente a los \_\_\_ días del mes de \_\_\_ del año \_\_\_.

---

Alejandro Hernández Ramírez.

Autor

---

Dayniel Álvarez Batista.

Autor

---

Dr. Amado García Simón

Tutor

---

Ing. Rita Elena López Díaz

Tutor

## **AGRADECIMIENTOS**

A nuestros padres por haber sido nuestro apoyo, y por su certeza de que llegaríamos a la meta trazada,

A los profesores de la UCI por brindarnos sus enseñanzas,

A nuestros compañeros y amigos por sobrellevarnos en los momentos más difíciles,

A nuestra tutora, Ing. Rita Elena López Díaz por guiarnos tan acertadamente en la realización de la investigación, por su dedicación, paciencia, tolerancia, disposición y ayuda incondicional,

A nuestro tutor, Dr. Ing. Amado García Simón por compartir con nosotros su incalculable conocimiento, por sus sabias orientaciones y por motivarnos a la continua búsqueda de soluciones,

A la MSc. Lic. Maura Hidalgo Rosales por confiar en nosotros, por exigirnos seguir adelante, por no permitir que abandonáramos nuestros sueños, por su comprensión y apoyo, pero sobre todo por haber sido y ser para siempre: MAESTRA.

## Dedicatoria

A mi mamá y mi papá por estar siempre conmigo apoyándome en todas las etapas de mi vida, por todo el amor que me han dado, por ser ambos lo más grande que tengo, por tener la confianza para saber que llegaría hasta aquí. Hoy es este mi regalo, los quiero mucho.

Alejandro Hernández Ramírez

A quien me demostró que no hay que saber leer ni escribir para educar.

Que hay que ser paciente, valiente, y que con amor y sacrificio todo se puede lograr.

A quien me enseñó que lo más importante es la familia y la amistad,

Que hay que respetar, hacer bien y vivir con humildad.

A quien siempre quiso que estudiara y me superara,

Aunque estar poco tiempo juntos esto implicara.

A la mujer más buena que he conocido,

Y que por ley de la vida hoy no se encuentra conmigo.

Termine la escuela. Para ti hoy mi mayor regalo.

A mi abuela: Ernestina González Claro.

Dayniel Álvarez Batista

## Resumen

El presente documento muestra un estudio acerca de la televisión digital relacionado específicamente con las normas que existen hasta el momento, que tiene como objetivo elevar los conocimientos acerca de esta novedosa tecnología. La constante evolución tecnológica en que se encuentra el mundo hace que se precise de un estudio que contribuya al desarrollo de la televisión digital en el país, por lo que se parte en primer lugar de realizar un profundo análisis sobre el estado de la televisión en el mundo.

Tomando como base lo anteriormente expuesto, se presentan algunos de los conceptos fundamentales con relación a la televisión digital, se describen las principales características de esta tecnología y sus diferentes vías de acceso. Seguidamente se hace un análisis comparativo de las normas, en el que se resaltan sus ventajas e inconvenientes, para así llegar a la conclusión de que la norma China DTMB es la más factible para Cuba.

Se exponen aspectos económicos de interés y se abordan las relaciones políticas entre Cuba y la República Popular China, que constituyen un elemento importante en la decisión acerca de la norma a utilizar. Finalmente se analizan las pruebas realizadas de este estándar en el territorio nacional. Este trabajo puede servir como documentación y referencia para aquellos que deseen adentrarse en la materia.

Índice.

|  |    |
|--|----|
| Introducción.....  | 10 |
| Capítulo 1: Fundamentación Teórica.....                                    | 13 |
| 1.1 Introducción.....  | 13 |
| 1.2 Breve historia de la Televisión.....                                   | 13 |
| 1.3 ¿Qué es Televisión Digital?.....                                       | 14 |
| 1.3.1 Características de la televisión digital.....                        | 15 |
| 1.4 Tecnologías de acceso a la televisión digital.....                     | 16 |
| 1.4.1 Televisión Digital Terrestre.....                                    | 16 |
| 1.4.2 Televisión Digital en Movilidad.....                                 | 17 |
| 1.4.3 Televisión Digital por Tecnologías IP.....                           | 17 |
| 1.4.4 Televisión Digital vía Satélite.....                                 | 17 |
| 1.4.5 Televisión Digital por Cable.....                                    | 18 |
| 1.5 Estándares de Televisión Digital Terrestre.....                        | 18 |
| 1.6 Ventajas de la Televisión Digital.....                                 | 19 |
| 1.7 Situación de la televisión digital en distintos lugares del mundo..... | 22 |
| 1.8 Conclusiones.....  | 29 |
| Capítulo 2: Estándares de la TVD.....                                      | 30 |
| 2.1 Introducción.....  | 30 |
| 2.2 El Estándar de Televisión Digital ATSC.....                            | 31 |
| 2.2.1 El Sistema ATSC.....   | 32 |
| 2.2.2 Características del Video.....                                       | 33 |
| 2.2.3 Características del Sistema de Audio.....                            | 34 |

|  |    |
|--|----|
| 2.2.4 Características del Sistema de Codificación y Modulación ..... | 35 |
| 2.2.5 Operación con Frecuencia Única Nacional .....                  | 38 |
| 2.2.6 Características generales del estándar ATSC .....              | 38 |
| 2.2.7 Ventajas de la Norma ATSC:.....                                | 40 |
| 2.2.8 Desventajas de la Norma ATSC: .....                            | 41 |
| 2.3 El Estándar de Televisión Digital (DVB-T) .....                  | 41 |
| 2.3.1 El Sistema DVB-T.....  | 42 |
| 2.3.2 Características del Video .....                                | 44 |
| 2.3.3 Características del Audio .....                                | 44 |
| 2.3.4 Características del Sistema de Codificación y Modulación ..... | 44 |
| 2.3.5 Modulación OFDM.....   | 47 |
| 2.3.6 Operación con Frecuencia Única Nacional .....                  | 50 |
| 2.3.7 Características generales del estándar DVB-T. ....             | 51 |
| 2.3.8 Ventajas de la Norma DVB-T.....                                | 54 |
| 2.3.9 Desventajas de la Norma DVB-T .....                            | 56 |
| 2.4 El estándar de Televisión digital ISDB-T.....                    | 56 |
| 2.4.1 Principales diferencias entre ISDB-T y SBTVD.....              | 56 |
| 2.4.2 Arquitectura del sistema SBTVD .....                           | 57 |
| 2.4.3 Ventajas de la Norma SBTVD .....                               | 62 |
| 2.4.4 Desventajas de la Norma SBTVD.....                             | 63 |
| 2.5 El Estándar de Televisión Digital DTMB .....                     | 63 |
| 2.5.1 Características del sistema.....                               | 63 |
| 2.5.2 Diagrama del Sistema .....                                     | 64 |

|  |    |
|--|----|
| 2.5.3 Interfaz de entrada .....                              | 65 |
| 2.5.4 Codificación de canal y modulación .....               | 65 |
| 2.5.5 Descripción de la estructura de tramas.....            | 67 |
| 2.5.6 Procesamiento de datos del cuerpo de la trama.....     | 68 |
| 2.5.7 Características del Espectro .....                     | 68 |
| 2.5.8 Variante de 6 MHz que pudiera utilizarse en Cuba ..... | 69 |
| 2.5.9 Características generales de DTMB .....                | 69 |
| 2.5.10 Ventajas de la Norma DTMB .....                       | 71 |
| 2.5.11 Desventajas de la Norma DTMB.....                     | 72 |
| 2.6 El Estándar de Televisión Digital DVB-T2.....            | 72 |
| 2.7 Conclusiones.....  | 73 |
| Capítulo 3.....  | 76 |
| 3.1 Introducción.....  | 76 |
| 3.2 Pruebas realizadas en Cuba a la norma China DTMB.....    | 76 |
| 3.2.1 Equipamiento utilizado en las pruebas .....            | 77 |
| 3.2.2 Mediciones Realizadas.....                             | 78 |
| 3.3 Resultados de las pruebas realizadas .....               | 79 |
| 3.4 Análisis de las pruebas.....                             | 82 |
| 3.5 Aspecto Económico.....                                   | 83 |
| 3.6 Relaciones políticas Cuba – China .....                  | 84 |
| 3.7 Conclusiones.....  | 85 |
| Conclusiones.....  | 87 |
| Recomendaciones.....   | 87 |

|                                  |    |
|----------------------------------|----|
| Referencias Bibliográficas ..... | 89 |
| Bibliografía .....               | 91 |
| Glosario de Términos .....       | 93 |

## Introducción

Cada vez queda menos tiempo para que se produzca el apagón analógico y la televisión digital (TVD) se imponga como la única opción disponible. En las últimas dos décadas, el mundo electrónico circundante ha pasado de la era analógica a la digital. Al igual que en muchos otros sectores tecnológicos, la televisión está digitalizándose rápidamente debido a las múltiples ventajas de la tecnología digital.

La compresión digital desempeña un papel capital a la hora de hacer la televisión un medio de comunicación verdaderamente interactivo, reduciendo la inmensa cantidad de datos que interviene en la transmisión. Como consecuencia han surgido nuevas aplicaciones, antes inexistentes. A partir del incesante desarrollo científico-técnico y de los nuevos descubrimientos en el campo de las telecomunicaciones se impone un cambio tecnológico que vaya de la televisión analógica a la digital.

Un universo de posibilidades abren las comunicaciones satelitales, la telefonía inalámbrica, Internet, la televisión digital, la computación, a un país como Cuba, a pesar del bloqueo económico, comercial y financiero con el que Estados Unidos, líder de tales adelantos, le impide a la Isla el acceso a su mercado y la obliga a invertir varias veces más recursos al tener que recurrir a mercados muy distantes. A pesar de eso, basándose sobre todo en sus recursos humanos y optimizando sus recursos materiales y financieros, Cuba avanza en su informatización, priorizando el uso social, colectivo, de las TICs.

Cuba ya está ensayando nuevas tecnologías para la implementación de la TVD (televisión digital), en diciembre del 2007 se realizaron pruebas comparativas en el territorio nacional, de Televisión Digital Terrestre entre las normas europea y china con el objetivo de probar las posibilidades reales de esta nueva tecnología. Estos ensayos se efectuaron en un tiempo real y ocupando el mismo ancho de banda que un canal de televisión analógica en el caso de la europea y la china con sus características iniciales con una canalización de 8 MHz, a través de estos ensayos se ha comprobado el salto de calidad con esta nueva tecnología.

Lo anteriormente refleja que nuestro país no está exento a los cambios en relación a la televisión digital, por lo que se necesita profundizar en el estudio de esta temática con vistas a tomar decisiones con respecto a la definición de la norma a adoptar en Cuba a partir de su valoración desde el punto de vista

económico, político y tecnológico, estudio que constituye el objetivo fundamental de la tesis que se propone.

Dada la situación problemática se plantea entonces el siguiente **problema científico**, centrando interés en las investigaciones que se deben realizar para darle una solución efectiva:

¿Cómo contribuir al desarrollo de la televisión digital en Cuba a través de un estudio de las normas internacionales de TVD teniendo en cuenta condiciones económicas, políticas y tecnológicas?

Las investigaciones se centran en la parte objetiva donde se debe actuar desde el punto de vista teórico y práctico para darle solución al problema, para ello se define como **objeto de estudio**:

La televisión digital.

Seguidamente esclarecemos el **objetivo general**.

Objetivo General: Determinar propuesta de norma más factible a utilizar (según el criterio económico, político y tecnológico) para la implementación de la TVD en Cuba.

Dentro de este se define como **campo de acción** a investigar:

Las normas internacionales de la televisión digital.

Definido el problema científico, objeto de estudio y campo de acción, se detalla la **pregunta científica**:  
¿Podría la norma seleccionada contribuir al desarrollo de la TVD en Cuba?

Para apoyar la investigación se especifican preguntas claves para un buen desarrollo de la misma:

¿Qué precedentes tiene la TVD?

¿Cuáles son las normas existentes de la TVD en el mundo?

¿Cuál de las normas existentes es la más factible para Cuba?

Para dar cumplimiento al objetivo general del trabajo se proponen las siguientes **tareas de investigación**:

1- Investigar sobre el estado actual de la Televisión Digital en Cuba y el mundo para conocer sus corrientes actuales y futuras.

2- Realizar un estudio de las normas existentes.

3- Fundamentar los criterios a seguir para definir la propuesta de una norma.

**Diseño metodológico:**

Para llegar a un resultado concreto de la investigación, se hizo uso de los siguientes métodos investigativos:

Método Teórico:

Histórico - lógico: se hizo un estudio de las causas que originaron el problema, así como la evolución de los sistemas de televisión digital en el mundo y Cuba.

Método empírico:

Entrevistas a Expertos: mediante este método, se concretaron los problemas fundamentales que existen en la televisión digital en el país y se puntualizó la situación del estado del arte del objeto de estudio además de validar el resultado de la Investigación.

# Capítulo 1: Fundamentación Teórica.

## 1.1 Introducción

En este capítulo se tratará el surgimiento y evolución de la televisión digital, haciendo énfasis en las ventajas que ésta brinda con respecto a la televisión analógica así como sus principales características. Se hace un estudio sobre el estado actual de la televisión digital en el mundo y se enfoca a describir algunos detalles técnicos, así como los estándares adoptados en diferentes países.

## 1.2 Breve historia de la Televisión

El transmitir señales de audio y video por medio de las ondas hertzianas fue el resultado de la contribución y esfuerzo de varias personas, quienes inventaron los componentes que integran el sistema de televisión. Una de las primeras contribuciones se debe al ingeniero alemán Paul Nipkow quien en 1884 patenta un disco electromecánico de exploración lumínica, mejor conocido como el disco de Nipkow.

En 1923 el inventor escocés, John Logie Baird, desarrolla y perfecciona el disco de Nipkow a base de células de selenio. En junio de ese mismo año, Charles F. Jenkins hace las primeras transmisiones experimentales de televisión con un sistema mecánico desde una estación de radio en Washington, D.C.

En 1924 John L. Baird transmite las primeras imágenes televisadas de objetos en movimiento, el primer rostro humano televisado en 1925 y tres años más tarde se hace la primera transmisión transatlántica del rostro humano. En 1929 la BBC de Londres empezó a transmitir señales de televisión utilizando el sistema de 30 líneas de Baird. La totalidad del canal estaba ocupada por la señal de video, por lo que la primera transmisión simultánea de audio y video tuvo lugar hasta 1930.

Con el correr del tiempo los sistemas electromecánicos en la televisión fueron sustituidos por los sistemas electrónicos. En 1940, El Ing. González Camarena impacta al mundo al patentar la televisión a color mediante su sistema tricromático secuencial de campos.

Tiempo después surgen otros desarrollos tecnológicos para la televisión a color. Con el fin de que los diferentes sistemas fueran compatibles, y que las señales en blanco y negro, fueran también recibidas en

los televisores a color, el inventor ruso Sworykin sugirió la idea de estandarizar los sistemas de TV que se estaban desarrollando paralelamente en el mundo.

Desde la primera mitad de los años 90 son numerosos los investigadores que coinciden en señalar que actualmente la televisión se encuentra ante el proceso de transición tecnológica más importante desde sus comienzos. A partir de la digitalización total de los sistemas de televisión (producción, emisión y recepción de programas) emerge una serie de posibilidades que puede llegar a terminar con la televisión hasta hoy conocida.

La TVD inicia en 1994 con la introducción de los sistemas de televisión vía satélite DBS (Direct Broadcast Satellite) o (DTH, Direct To Home), este hecho provoca el mayor cambio que ha sufrido la TV en los últimos 50 años. La televisión analógica tal y como la conocemos ahora, no había evolucionado en más de 60 años, hasta que aparece la televisión digital y posteriormente la TV de alta definición.

A comienzos del siglo XXI, ya son varios los países que han comenzado a implementar planes de migración de la televisión analógica a la televisión digital. Sin embargo, esta migración exige tanto una compleja coordinación entre programadores, fabricantes de equipos receptores y operadores de redes, como cuantiosas inversiones tanto de la industria como del público televidente.

Actualmente se encuentran en juego 5 normas de transmisión de televisión digital terrestre. Elaboradas por empresas estadounidenses, japonesas, europeas y la china, estas normas -como ocurriera décadas atrás con los sistemas de televisión a color concebidos en EEUU, Francia y Alemania- compiten entre sí con la finalidad de captar la mayor cantidad de mercados posibles.

Si bien la mayor parte de los planes gubernamentales sitúa como fecha límite para que tenga lugar el “apagón analógico”, según los países, entre los años 2006 y 2012, un importante grupo de analistas del sector televisivo califica a estas estimaciones demasiado optimistas y considera que la realización efectiva del “apagón” demandará un plazo mínimo de entre 15 y 20 años [21].

### **1.3 ¿Qué es Televisión Digital?**

La televisión digital es aquella en la cual se transmite, recibe y procesa señales de audio y video de manera discreta (1s y 0s), en contraste con la forma continua usada por la TV analógica. La digitalización

de la televisión lleva consigo numerosas ventajas en la forma de entender y utilizar la televisión; la representación numérica permite el uso de compresores, filtros digitales, control de conexión local, detección y corrección de errores, canales de doble vía, etc. Una de las principales ventajas de la digitalización es poder aplicar técnicas de compresión de datos, logrando así una optimización del ancho de banda. Por ejemplo, un canal analógico tiene un ancho de banda típico de 6 MHz (u 8 MHz en Europa). En este mismo ancho de banda pueden transmitirse hasta 5 canales de video y audio digital. El algoritmo más utilizado para la compresión de video y audio se llama MPEG-2 (Moving Pictures Experts Group) [20].

La digitalización también posibilita el manejo de resoluciones superiores, efectos en el sonido, y sobre todo, mejores usos del ancho de banda. Entre la información adicional que proporciona un canal digital de televisión se encuentra, fecha, hora, descripción del programa, subtítulos en varios idiomas (Closed Captioning), audio en varios idiomas, guía de programación en tiempo real, búsquedas, etc. Quizá la característica más importante de la TV digital, para los padres de familia, es la clasificación de los programas. Esto permite controlar la televisión para que a infantes y adolescentes les sean restringidos programas no aptos para su edad. La programación no es posible con la televisión analógica.

Muchas veces y de manera errónea se utilizan los términos Televisión Digital (DTV, Digital Televisión) y HDTV (High Definition Television) como sinónimos. Es importante aclarar que son conceptos diferentes. HDTV define un nuevo formato de despliegue, pero no especifica cómo el formato será transmitido, ya sea a través de señales analógicas o digitales. La televisión digital, por otra parte, está más enfocada en el método de transmisión. Pero no hay duda, que el mejor formato de despliegue para la TV digital será HDTV que usualmente es transmitido de forma digital [20].

### **1.3.1 Características de la televisión digital:**

Las características de la televisión digital son muchas, pero las más importantes son la capacidad de transmisión de imágenes de alta definición, transmisión múltiple de canales (MULTICASTING), transmisión de datos a alta velocidad (DATACASTING).

Televisión de Alta Definición: La televisión digital permitirá transmitir programas en una resolución o claridad más alta que las de televisión análoga. Esto se llama Televisión de alta definición o HDTV. La televisión de alta definición añade unas capacidades extraordinarias para desarrollar servicios

innovadores para el público televidente, el área comercial, el gobierno y abre oportunidades creativas ilimitadas en el renglón educativo.

Transmisión Múltiple de Canales (MULTICASTING): La televisión digital ofrece la posibilidad de transmitir más de un canal de SDTV (Standard Definition TV) al mismo tiempo. Esto se conoce como transmisión múltiple o “multicasting”. La transmisión múltiple convierte, de un solo canal de transmisión a cinco canales. Estos podrán transmitir simultáneamente, distintos programas, ofreciendo diversas alternativas para el público televidente.

DATACASTING: Otra capacidad que añade la televisión digital es la posibilidad de transmisión de datos en distintas formas, conocido como “datacasting”. Esta le permite al consumidor tener acceso a diversas áreas de información, tales como: la bolsa de valores, las condiciones del tiempo, etc. También puede tener acceso a su cuenta bancaria o hacer transferencias de la misma. Además se le puede ofrecer al consumidor entretenimiento en familia y en su propia casa, ya sea con juegos electrónicos o con videos musicales, entre otros, las posibilidades son ilimitadas.

## **1.4 Tecnologías de acceso a la televisión digital**

La Televisión Digital revoluciona el concepto que hasta ahora se tiene de la televisión. Actualmente, es posible acceder a la Televisión Digital mediante las siguientes tecnologías de acceso:

### **1.4.1 Televisión Digital Terrestre**

La (TDT) es el resultado de la aplicación de la tecnología digital a la señal de televisión, para luego transmitirla por medio de ondas hertzianas terrestres, es decir, aquellas que se transmiten por la atmósfera sin necesidad de cable o satélite y se reciben por medio de antenas UHF convencionales.

La TDT está llamada a sustituir, debido a sus múltiples ventajas, a la Televisión Analógica Terrestre, que es la que se ha estado recibiendo hasta ahora en la mayoría de los hogares del mundo [21].

#### **1.4.2 Televisión Digital en Movilidad**

La Televisión Digital en Movilidad puede ser definida como aquel servicio de difusión de televisión con tecnología digital que se presta utilizando como soporte ondas radioeléctricas, terrestres o por satélite, y cuya señal es recibida en dispositivos o equipos móviles o portátiles (teléfono móvil, ordenador portátil). Este servicio, como en la propia definición propuesta se establece, se presta a través de ondas radioeléctricas, que pueden ser ondas terrestres o por satélite [21].

#### **1.4.3 Televisión Digital por Tecnologías IP**

La televisión Digital por IP o IPTV como es comúnmente conocida, es la tecnología que plantea la transmisión de señales de televisión sobre una red de conmutación de paquetes, tal como lo es la red IP. IPTV no es un protocolo en sí mismo, constituye una técnica interactiva que ha sido desarrollada basándose en el video-streaming. En la actualidad esta técnica es frecuentemente ofrecida como parte del paquete de servicios Triple-Play.

#### **1.4.4 Televisión Digital vía Satélite**

La Televisión Digital vía Satélite es el resultado de la aplicación de la tecnología digital a la señal de televisión, para luego transmitirla a una amplia zona geográfica por medio de satélites de comunicaciones, en contraste con la televisión terrestre, cuyas ondas no salen de la atmósfera, o la televisión por cable, basada en la transmisión a través de redes de fibra óptica y cable coaxial.

La transmisión de Televisión Digital vía Satélite se divide en dos tramos claramente diferenciados:

El enlace ascendente o uplink, mediante el cual el centro emisor envía las señales de televisión al satélite utilizando grandes antenas parabólicas (de 9 a 12 metros de diámetro).

Y el enlace descendente, o downlink, por medio del cual el satélite retransmite la señal de televisión recibida hacia su zona de cobertura sobre la superficie de la tierra, utilizando una banda de frecuencias diferente a la del enlace ascendente, para evitar interferencias [21].

### 1.4.5 Televisión Digital por Cable

La Televisión Digital por Cable es el resultado de la aplicación de la tecnología digital a la señal de televisión, para luego distribuirla por medio de redes híbridas de fibra óptica y cable coaxial. Junto con la señal de Televisión Digital, a través de estas redes se proporcionan otros servicios como radio, telefonía fija y acceso a Internet [21].

### 1.5 Estándares de Televisión Digital Terrestre:

-Estándar Americano

ATSC (Advanced Television Systems Committee): Desarrollado en Estados Unidos en 1993 por la Gran Alianza, consorcio integrado por AT&T, Zenith, MIT, entre otros. Continuación de la actual tecnología NTSC y por ende usa un ancho de banda de 6 MHz por canal.

-Estándar Europeo

DVB-T (Digital video Broadcasting – Terrestrial): Desarrollado en Europa. Continuación de las tecnologías europeas PAL (Alemania) y Secam (Francia) con anchos de banda para transmisión terrestre de 8 MHz por canal. Sin embargo ya existe en el mercado la tecnología en 6, 7 y 8 MHz.

-Estándar Japonés

ISDB-T (Terrestrial Integrated Services Digital Broadcasting): Desarrollado en Japón. La tecnología actual color de Japón es también NTSC con 6 MHz de ancho de banda. Tiene características técnicas similares a la europea.

-Estándar Chino

DMB-T. (Digital Multimedia Broadcast – Terrestrial): Desarrollado en China por la Universidad de Pekín y la empresa Legend Silicon de California. Su modulación combina espectro extendido con OFDM (Múltiple por División de Frecuencia Ortogonal) para canalización de 8 MHz. Tiene énfasis en aplicaciones móviles.

-Estándar Brasileño

SBTVD (Sistema Brasileño de Televisión digital Terrestre): fue desarrollado por el Digital Broadcasting Experts Group de Japón para entregar señales digitales terrestres, vía satélite y cable.

## 1.6 Ventajas de la Televisión Digital

Estas son algunas de las ventajas de la Televisión Digital frente a la Analógica:

- Video y sonido: Algunos de los factores que afectan la transmisión de la señal de televisión terrestre se deben a la dispersión de energía, zonas de sombra y rebotes de la señal que provocan ecos. En la transmisión analógica, estos problemas se pueden manifestar como diferentes tipos de ruido que degradan tanto a la imagen como al sonido. Algunas de las degradaciones que muchos hemos observado cuando se transmite un programa son el efecto de nieve, imágenes dobles, imágenes pixeladas y congeladas, deficiencia de color y sonido de baja calidad. La transmisión digital es óptima, es decir, la señal codificada que se envía es la misma que se recibe, excepto cuando la señal no es lo suficientemente fuerte para los circuitos decodificadores. En esta situación se pierde completamente la recepción. La imagen, sonido y datos asociados a una emisión de televisión se codifican digitalmente en formato MPEG-2. La calidad de imagen y sonido transmitidos es proporcional a la cantidad de datos asignado dentro del flujo final transmitido por cada múltiplex. En resumen, la calidad de las imágenes es similar a la de un DVD y la señal digital es menos propensa a interferencias.
- Número de canales: La televisión analógica permite la transmisión de un único programa de televisión por cada canal (ya sea de 6 MHz u 8MHz de ancho de banda). La tecnología digital permite un mayor número de emisoras en el mismo espacio radioeléctrico, pues se pueden transmitir entre tres y cinco programas por cada canal. En TV analógica no se utilizan los canales adyacentes para evitar las interferencias, gracias al diseño de la red de distribución de señal digital es posible usar todos los canales de la banda, sin necesidad de dejar canales libres para reducir las interferencias.
- Servicios adicionales: Las transmisiones de información digital proporcionan una gran flexibilidad en los contenidos que puede emitir, por lo que es posible mezclar un número arbitrario de canales de video, audio y datos en una sola señal. La digitalización de la señal facilita además la convergencia TV-PC, permitiendo que los servicios de Internet como la consulta de bases de datos

remotas, la navegación, el correo electrónico, la videoconferencia, las aplicaciones multimedia, estén disponibles en tu aparato televisor.

- Se puede ver la televisión en formato panorámico, sin cortes ni bandas negras.
- Recepción en condiciones adversas (movilidad, interferencias, ruido, etc.). Que se había incrementado a partir del desarrollo de nuevas tecnologías que aumentan el tráfico de señales en todo el mundo.
- Posibilidad de uso de infraestructuras de TV analógica ya existentes: antenas, emisores, instalaciones, etc. De hecho, se puede aprovechar la infraestructura TV convencional para proporcionar múltiples canales de televisión a través de la misma antena de recepción. Este constituye un elemento importante teniendo en cuenta la amplia infraestructura que ha generado la televisión analógica en todo el mundo, sobre todo por el número de telerreceptores.
- Escalabilidad de la resolución de las emisiones incluida la Televisión de Alta Definición y formato panorámico de TV (16:9), que redundan en un aumento de la calidad de la imagen y el sonido que se recibe, acercando la definición a las posibilidades reales de visión del ser humano.
- Sonido Digital Multicanal que permite enriquecer el universo sonoro y por consiguiente el producto audiovisual.
- Posibilidades de acceso condicional (pago por visión y acceso personal) que permite determinar contenidos por edades, sectores poblacionales y horarios.
- Nuevas oportunidades para la oferta de contenidos y servicios interactivos adicionales, tales como encuestas, juegos, secciones de participación, etc.
- Los servicios digitales vía TV proporcionados conjuntamente con los canales audiovisuales proporcionan enormes oportunidades para el acceso doméstico en lo que se refiere a servicios de Administración Electrónica, información general útil y otros servicios electrónicos. De hecho, la convergencia de la televisión y otras tecnologías de la información ofrece la posibilidad de convertir un medio de radiodifusión pura en un instrumento de comunicación interactiva. Este medio podría incluir servicios de información electrónica e interactiva tales como la tramitación electrónica, la telecompra o la telebanca, entre otros. La digitalización en la televisión tiene dos partes bien diferenciadas: la digitalización de la producción y la de la transmisión.

- Visión multicámara para acontecimientos deportivos.
- Servicios interactivos y de acceso a la Sociedad de la Información, como la realización de trámites administrativos, participación en concursos, encuestas.
- Interactividad con el usuario por medios sencillos: Guías electrónicas de programación y posibilidad de uso de los servicios interactivos, que permiten un proceso de retroalimentación necesario para las productoras de contenidos.

### Televisión interactiva:

La televisión interactiva se define como aquella que permite a los usuarios finales decidir qué ve y de qué manera lo hace, si bien es un planteamiento en lo teórico que ya alcanza varias décadas no tuvo aplicación en la televisión analógica por las limitaciones de este proceso. Sin embargo el surgimiento de la televisión digital sentó las bases para desarrollar la televisión interactiva que se basa en las capacidades tecnológicas y aplicaciones informáticas concretas. La televisión interactiva es una nueva forma de televisión que aprovecha las capacidades tecnológicas disponibles de la televisión digital y muy especialmente la comunicación bidireccional, para ofrecer una experiencia distinta al espectador, quien puede, si lo desea, participar activamente. Esto enriquece enormemente el potencial de influencia de la televisión y su alcance. Para que funcione la Televisión Interactiva es necesaria la existencia de una Plataforma de Televisión Digital. Esta plataforma establece un conjunto de componentes que al integrarse garantizan la interactividad:

- Contenidos Interactivos
- Sistema de Gestión de Usuarios
- Sistema de Gestión de Servicios
- Servidor de Comunicaciones

Los Contenidos Interactivos son esenciales en la concepción de una televisión interactiva, de nada sirve toda la infraestructura tecnológica si no se apoya en un buen contenido capaz de atraer y aportar un cierto valor añadido al espectador. Estos son básicamente los programas, las posibles variantes, bases de datos, informaciones adicionales y otros elementos que componen la información que será brindada. Los

contenidos interactivos pueden estar organizados por elementos, especie de unidades o capas que pueden ser mezcladas o sufrir determinadas modificación por el usuario.

## **1.7 Situación de la televisión digital en distintos lugares del mundo.**

### ***Alemania***

#### Televisión digital por cable.

En Alemania el cable está muy difundido. Alrededor de 33 millones de hogares están conectados a este servicio, de los cuales alrededor de 30 millones pueden recibir transmisiones televisivas digitales.

El proceso de transición desde el analógico al digital ya se inició. La transmisión digital por cable se lanzó en octubre de 1997. Los cableoperadores han aumentado gradualmente sus servicios digitales.

#### Televisión digital por satélite

La penetración de las antenas parabólicas privadas más alta que la media europea. Alrededor de 10 millones de hogares en Alemania reciben hoy programas televisivos vía satélite. Desde 1996 la televisión digital y los servicios de radio están disponibles en Alemania a través de varios sistemas satelitales. El objetivo de los operadores de televisión vía satélite es el de continuar promoviendo una diversidad de servicios digitales [19].

#### Televisión digital terrestre

En un comienzo en Alemania la TV digital terrestre debió hacer frente a una elevada tasa de penetración de la distribución televisiva por cable (55%) y de la recepción directa del satélite (35%). Para el año 2003 hubo una inversión porcentual, quedando el cable con una tasa de penetración del 32% y el satélite analógico con 50%. Las transmisiones analógicas terrestres interesan solo al 10% [19].

A esto se suma el desarrollo de tecnologías tipo ADSL (Línea de Abonado Digital Asimétrica), para asegurar la conexión a los servicios multimedia (Internet, Video en demanda.).

## **España**

España ha sido uno de los primeros países de Europa en implementar tecnología digital en televisión. Al año 2001 la TDT tenía una penetración del 17%. A pesar de ello, el proceso de transición a la tecnología digital se ha visto obstaculizado por diversas limitaciones que han retrasado el plan de digitalización que se trazó el año 1999.

El gobierno español debió adoptar una serie de medidas de carácter urgente orientadas a facilitar una efectiva transición a la tecnología audiovisual digital, entre ellas la ampliación del plazo de la transición, de cinco a diez años. En junio de 2005 el gobierno aprobó un nuevo plan de digitalización, que da un segundo impulso al proceso de transición hacia la tecnología digital que se encontraba estancado.

### Televisión digital por cable

España fue el tercer país de la Unión Europea en introducir la TDT, a través de un proceso que fue iniciado el año 2000. Sin embargo, diversos obstáculos han atrasado la transición. En la actualidad, el apagón analógico se proyecta para el año 2010.

## **Estados Unidos**

El mercado televisivo en los Estados Unidos está constituido por una serie de operadores que distribuyen sus programas a más de 111 millones de familias con televisión, correspondientes al 99,9% de las familias americanas. El segmento principal en términos de usuarios potenciales es el de la televisión por aire, que alcanza el 97% de las familias, seguido por la televisión por cable que tiene una penetración en el 68% de las familias y después la televisión vía satélite, con una penetración del 14,7%. La fecha fijada para el “switch off analógico”, apagón analógico fue el año 2009.

### Televisión Digital por Cable y Satélite.

Como se señaló en un comienzo, la tasa de penetración de estas plataformas es bastante alta: un 68% de hogares poseen televisión por cable y un 14,7% vía satélite. Los servicios digitales por cable alcanzaron en el 2005 los 48, 2 millones de usuarios.

Los operadores del sector se oponen al mandato gubernamental de “Must Carry” de señales digitales de emisoras televisivas, norma que obliga a los cableoperadores a incluir en su paquete de abono, las señales de las estaciones con licencia estatal, puesto que sus redes asumirían un papel de segunda importancia. El mandato (Must Carry) lleva a hacer uso de una parte relevante de la banda, que no podría ocuparse en nuevos servicios digitales, como nuevos canales, servicios de Internet de alta velocidad, servicios telefónicos, etc.

### La Televisión Digital Terrestre

La injerencia del Estado en la regulación del sector es muy acusada y responde a sus intereses de hegemonía económica e industrial, y de carácter estratégico. El obligar al tránsito de un sistema de televisión a otro supone una revolución para la industria electrónica de equipos de producción y difusión. Sobre todo para la rama electrónica de consumo, encargada de producir equipos de recepción, terreno abandonado por la industria norteamericana en casi todo su territorio. Por tanto, el escenario digital supone un relanzamiento de diferentes ramas de la industria electrónica [19].

El estado le atribuye a cada proveedor una licencia para explotar un canal analógico, un canal digital de 6MHz, de manera gratuita con la condición de que cumpla el objetivo de avanzar hacia el "Apagón analógico". Por esta razón, los operadores deberán devolver al Estado las frecuencias que ocupaban para emitir en analógico. Los cuales destinará a nuevos usos y servicios que responda a sus intereses.

## **Canadá**

### Televisión Digital por cable y satélite

Hoy existe una serie de compañías que proveen el servicio de TVD, a menudo funcionando paralelamente como ISPs (Proveedores Públicos de Internet), cable operadores y prestando servicios de telefonía sobre redes IP.

A pesar de que un 70% de las familias canadienses cuentan con televisión por cable, sólo un 30% de ellas está suscrito a los servicios de alguno de los proveedores de televisión digital terrestre. El aumento de los proveedores de este sistema, así como el acercamiento de la tecnología a los usuarios, ha aumentado el

interés de los consumidores por este tipo de servicio, y se espera que esta cifra aumente rápidamente en los próximos años.

### Televisión Digital Terrestre

En 1997 se definió que el estándar para la transmisión de TVD en Canadá sería el HDTV (High Digital TV). Si bien se desarrolló un plan de desarrollo técnico para la transición, no se ha encontrado información respecto al plazo máximo del período de transición, ni la fecha estimada para el apagón analógico.

### **Francia**

Desde el punto de vista de la oferta, el mercado televisivo francés dispone de cuatro emisoras públicas terrestres. En cuanto a la cobertura analógica de las cadenas nacionales, en específico en la metrópolis existen tres cadenas históricas: TF1, Francia 2 y Francia 3, todas con características muy similares, cubriendo más de un 99% de la población metropolitana.

### Televisión digital por cable y satélite.

El crecimiento de la televisión por cable y satélite, ha sido lento; 21,4% en 2001, un 22,2% en 2002, un 25,8% en 2003, un 26,4% en 2004 y un 27.2 en 2005.

El satélite representa un 59% del conjunto de los suscriptores a una oferta ampliada. Entre 1996 y 2002, el aumento del número de suscriptores al satélite fue siempre superior al del cable. Esta tendencia no obstante se invirtió en 2003, año en que el número de suscriptores al cable creció un 9%, mientras que el satélite sólo tuvo un aumento de un 7% [19].

La tecnología digital favoreció la ampliación de las ofertas de servicios de cable y satélite, no obstante, la migración del sistema analógico al digital ha sido relativamente lenta: en 2004, uno de cada dos nuevos suscriptores se conectaba aún al cable analógico. Algunos de sus proveedores de cable están brindando ofertas de navegación a Internet.

### La Televisión Digital Terrestre.

El desarrollo de la televisión digital terrestre en Francia ha tenido como objetivo mejorar la escasa disponibilidad de canales televisivos. De hecho, sólo el 20% de las familias tiene acceso a una vasta oferta de programas: el 9% vía cable y el 11% vía satelital. La TDT es considerada un instrumento para volver más dinámico el servicio público y un vector para el desarrollo de Internet en Francia.

En abril de 2005 se puso en marcha la televisión digital terrestre (TDT). A partir de esta fecha, el 35% de la población (que se convertiría en un 98% en 2007) puede recibir 14 canales en el nuevo sistema tecnológico. La recepción es gratuita, el único requisito es la adquisición de un adaptador o decodificador de señales.

### ***Japón***

El mercado televisivo Japonés está constituido por una pluralidad de operadores que entregan sus servicios a 44 millones de familias de diversos medios. La tasa de penetración de la televisión ya superó el 99% y casi todas las familias tienen dos televisores en casa. La televisión tradicional está basada en los canales por aire, y aún ocupa el espacio más importante; pero la televisión satelital vía cable interesa a parte importante de las familias japonesas.

En Japón, el lanzamiento de la TV digital vía satélite, en diciembre de 2000, fue seguido por la primera transmisión de televisión digital terrestre en diciembre de 2003. A finales del 2006, las transmisiones digitales abarcaron cada uno de los centros administrativos, y el servicio debiera alcanzar a la totalidad de los hogares japoneses para el año 2011 [19].

### ***Brasil***

La televisión brasileña es una de las mayores del mundo, con una tasa de penetración cercana al 100% de los hogares, donde la televisión abierta es de máxima presencia. La televisión de pago sólo aporta cerca de un 10%, alcanzando a cubrir sólo 485 municipios del país, con un 54,2% de suscripciones por hogar en dichas reparticiones.

### Televisión Digital Terrestre.

En noviembre de 2003, un decreto presidencial creó el llamado Sistema Brasileño de Televisión Digital. Lo que se buscaba era la generación de un nuevo sistema desarrollado por un consorcio de centros de investigación y la industria electrónica doméstica. Incluso se planteaba la posibilidad de una cooperación en el área de la televisión digital con otros países emergentes como China, India y Sudáfrica. Con el objetivo de que este sistema brasileño de televisión digital, fuese capaz de dar acceso a Internet al 85% de la población que cuenta con un televisor.

En términos específicos, el gobierno brasileño estableció que el sistema a adoptar debía responder a las características y necesidades específicas de su mercado, es decir que priorizara la alta definición, movilidad (contenidos transmitidos para una televisión instalada en transportes colectivos por ejemplo), y portabilidad (imágenes captadas en aparatos menores como teléfonos celulares) [19].

### **México**

A nivel nacional, México cuenta con dos grandes concesionarios o cadenas de televisión: el Grupo Televisa, con cuatro canales, que atiende a ocho de cada diez televidentes y embolsa el 70 por ciento de la inversión publicitaria en televisión; y Televisión Azteca, con dos canales, que acapara el 20 por ciento de la audiencia y la publicidad. Además existen dos canales estatales.

#### Televisión por satélite y por cable.

Durante el tercer trimestre de 2005 el número de suscriptores alcanzó la cifra de 5,141 millones (3,17 millones con televisión por cable, 1,14 millones con televisión satelital y 831 mil con televisión vía microondas); es decir, aproximadamente un 26% de los hogares mexicanos, y casi un 29% del total de hogares con televisión.

En relación con 2004, la televisión pagada experimentó un alza de un 12,7%, siendo especialmente destacable el crecimiento de un 31,2% de la televisión vía microondas. Por su parte, la televisión por cable creció un 11,2% con respecto al tercer trimestre de 2004 y los suscriptores de televisión vía satélite aumentaron 5,8%.

#### Televisión digital terrestre

México se señala como un país a la vanguardia en la TVD latinoamericana, pues en 2004 adoptó oficialmente el sistema norteamericano de TV abierta. Actualmente son tres los canales autorizados por la Secretaría de Comunicación y Transporte que transmiten programas realizados en formato digital.

La inversión realizada en México a la fecha asciende a los 20 millones de dólares en equipamiento para producir contenidos de alta definición. Sin embargo, no es posible pensar en la masificación de los equipos receptores por las condiciones económicas de la población. Por tal motivo las tres ciudades más grandes (Ciudad de México, Guadalajara y Monterrey), así como otras comunidades, contarán con el servicio de TVD comercial para finales del 2007.

### **Colombia**

Uno de los rasgos que caracterizan al mercado televisivo colombiano es la preferencia de la audiencia por la programación nacional. La televisión abierta y los canales nacionales son los líderes en sintonía, ya que la televisión de pago, si bien tenía una penetración de alrededor del 45% (2004), sólo recaudan el 20% de los ingresos del sector.

La televisión pública en Colombia funciona con un sistema de concesiones que consiste en que el Estado se encarga de la infraestructura televisiva y entrega espacios dentro de los canales para que empresas privadas se encarguen de la programación.

Entre 1999 y 2005 los canales nacionales públicos disminuyeron su audiencia de un 84,3% a un 29,9%, mientras que los canales nacionales privados en el mismo período aumentaron de 86,1% a 96,7%. Por su parte, los canales internacionales también aumentaron en audiencia entre 1999 y 2005, de un 48,7% a un 64,7%.

#### La televisión digital por satélite y por cable.

En lo referente a la televisión por suscripción, la gran mayoría de suscriptores en el país lo hacen a través de operadores no formales; al año 2000 existía un total de 4,5 millones de suscriptores, de los cuales sólo 577.000 se encontraban inscritos en empresas de suscripción legalmente constituidas. En 1997, el número de abonados a la televisión por suscripción en el país era de 140.000, lo cual evidencia el crecimiento sustancial de dicho mercado. De hecho, el mercado potencial se estima en 6 millones de

hogares. La televisión satelital sólo puede ser ofrecida por personas jurídicas colombianas y se deben pagar tributos del 10% sobre ingresos brutos trimestralmente. La Comisión Nacional de Televisión recibe un 75% de sus ingresos por parte de la actividad privada. Para el año de 1999 existían 76.000 usuarios de televisión satelital en Colombia, y 78.700 en 2000 [19].

Con respecto al uso de tecnología digital, la iniciativa privada dio un paso adelante en el segundo semestre de 2005, pues se inauguró el servicio de televisión digital para suscriptores. Incluye 134 canales de televisión (30 de ellos digitales), 50 de música y conexión a Internet de 1.000 Kbps. Son producidos digitalmente, 15 de los 30 canales. El resto corresponde a programas grabados analógicamente y convertidos posteriormente al lenguaje digital.

#### La televisión digital terrestre.

La adopción de la tecnología digital para la televisión colombiana no tiene aún un panorama claro. La implementación de la tecnología digital depende de dos factores clave. Por el lado de los receptores, el paso hacia la era digital significa que la población debe comprar nuevos equipos, el costo de un televisor digital excede la capacidad adquisitiva del ciudadano medio.

Por el lado de los operadores, la digitalización implica un cambio completo del equipamiento electrónico y la adquisición de tecnología digital, inversión que resulta demasiado costosa y que carece de sentido si se tiene en cuenta que la población no está en condiciones de recibir la emisión digital. Hoy en día, aún no existe un plan específico o ley que guíe la transición hacia la tecnología digital.

### **1.8 Conclusiones**

La televisión digital es una tecnología que va en total ascenso, trayendo consigo el apagón analógico de forma tal que las señales que llegan al televisor de los clientes sea con una imagen superior y llena de ventajas. La TVD comienza a implantarse de forma lenta y masiva en la mayoría de los hogares del mundo, tanto en los países desarrollados como en los subdesarrollados. Se puede decir por tanto que esta técnica constituye el camino hacia el futuro en el mundo de la televisión.

## Capítulo 2: Estándares de la TVD

### 2.1 Introducción

El objetivo del presente capítulo es describir las características esenciales de los diferentes estándares de televisión digital. En primer lugar se entrega una descripción técnica de los cinco estándares, resaltando aspectos específicos de cada uno de ellos, los elementos que influyen en la decisión de cuál estándar adoptar así como sus principales ventajas e inconvenientes de acuerdo a la información disponible hasta la fecha.

En el mundo existen 5 normas. Cuatro de ellas están en uso, y una comenzará a ser utilizada en este año 2009. No hay información de que vayan a aparecer nuevas normas por el momento. Todas las normas tienen aspectos comunes y también diferencias importantes. Algunas normas tienen versiones, y pueden no ser exactamente iguales en los distintos países, aún denominándose de igual manera. Las cajas decodificadoras y los receptores de Televisión tienen que seguir de manera absoluta lo que esté normado en un país, incluso si decide aplicar variantes. Quiere decir que puede suceder que aún usando una misma norma, las cajas decodificadoras y los televisores adquiridos en un país no funcionen en otro. Esto crea dificultades adicionales. Si un país no tiene el suficiente desarrollo industrial en el área del diseño electrónico, y adopta una norma únicamente en base a criterios técnicos, puede ser la mejor de todas, pero queda con muy poca capacidad de maniobra frente a situaciones imprevistas. Cada país se analiza a sí mismo, analiza sus posibilidades y decide cuál es su mejor opción.

A continuación les ofrecemos una tabla con las normas existentes y sus versiones:

|          | <b>Norma</b> | <b>Año</b>  | <b>País</b>                 | <b>Versiones digitales</b>            | <b>Norma analógica</b> |
|----------|--------------|-------------|-----------------------------|---------------------------------------|------------------------|
| <b>1</b> | <b>ATSC</b>  | <b>1996</b> | <b>Norma norteamericana</b> | <b>1. MPEG2 con HDTV + SDTV 6 MHz</b> | <b>NTSC</b>            |
| <b>2</b> | <b>DVB-T</b> | <b>1998</b> | <b>Norma</b>                | <b>1. MPEG2 con solo SDTV 6 MHz</b>   | <b>NTSC</b>            |

|   |         |      |                       |  |   |
|---|---------|------|-----------------------|--|---|
|   |         |      | <p>europaea</p>       | <p>2. MPEG2 con solo SDTV 8 MHz</p> <p>3. MPEG2 con HDTV + SDTV 7 MHz</p> <p>4. MPEG4 (H264) con solo SDTV 8 MHz</p> <p>5. MPEG4 (H264) con HDTV + SDTV 6 MHz</p> <p>6. MPEG4 (H264) con HDTV + SDTV 8 MHz</p> | <p>PAL</p> <p>PAL</p> <p>PAL</p> <p>NTSC</p> <p>PAL</p> |
| 3 | ISDB-T  | 2001 | <p>Norma japonesa</p> | <p>1. Japón MPEG2 con HDTV + SDTV 6 MHz</p> <p>2. Brasil MPEG4 (H264) con HDTV + SDTV 6 MHz</p>  | <p>NTSC</p> <p>PAL-M</p>                                |
| 4 | DTMB-TH | 2006 | <p>Norma china</p>    | <p>1. MPEG2 con solo SDTV 8 MHz</p> <p>2. MPEG2 con HDTV + SDTV 8 MHz</p> <p>3. MPEG4 (H264) con HDTV + SDTV 8 MHz</p> <p>4. MPEG4 (AVS) con HDTV + SDTV 8 MHz</p>   | <p>PAL</p> <p>PAL</p> <p>PAL</p> <p>PAL</p>             |
| 5 | DVB-T2  | 2008 | <p>Norma europea</p>  | <p>1. MPEG4 (H264) con HDTV + SDTV 8 MHz</p>   | <p>PAL</p>  |

## 2.2 El Estándar de Televisión Digital ATSC

En 1987, la Federal Communications Comisión de los Estados Unidos de Norteamérica (FCC), estableció el Advisory Committee on Advanced Televisión Service (ACATS). Este comité trabajó en estrecha relación con el Advanced Televisión Systems Committee (ATSC), organización privada creada en 1982 para coordinar el desarrollo y definir el estándar de televisión digital que adoptaría Estados Unidos. El estándar fue desarrollado por un consorcio de empresas que lleva el nombre de Grand Alliance, y fue adoptado por ATSC el 16 de Septiembre de 1995 bajo la sigla A/53. El nuevo estándar fue ratificado por el ACATS el 28 de noviembre de 1995 [1]. Hasta el momento existen 1584 estaciones de televisión digital ATSC operando en los Estados Unidos.

El estándar ATSC describe un sistema para transmisión de video, audio y datos que transporta datos a una tasa neta de 19,4 Mbps a través de un canal convencional de 6 MHz de ancho de banda.

Una transmisión ATSC puede portar ya sea una señal única de televisión de alta definición (HDTV), o varios programas diferentes con definición normal (SDTV). Asimismo, es posible incluir datos adicionales en la transmisión, como canales adicionales de audio, servicios especiales para personas con discapacidades visuales o auditivas, o canales de comentarios [2].

Recientemente se ha definido el formato para transmisiones mediante redes de frecuencia única, aunque dicho formato no considera una optimización del funcionamiento de estas redes. ATSC también contempla la provisión de servicios interactivos y control de acceso para contenidos pagados.

### 2.2.1 El Sistema ATSC

El diagrama de bloques del sistema se muestra en la Figura 1, en la que se aprecia que el sistema ATSC consiste de tres subsistemas [3]:

- Codificación y compresión de fuentes (video, audio, datos).
- Múltiplex y transporte de los servicios.
- Transmisión de radiofrecuencia (RF).

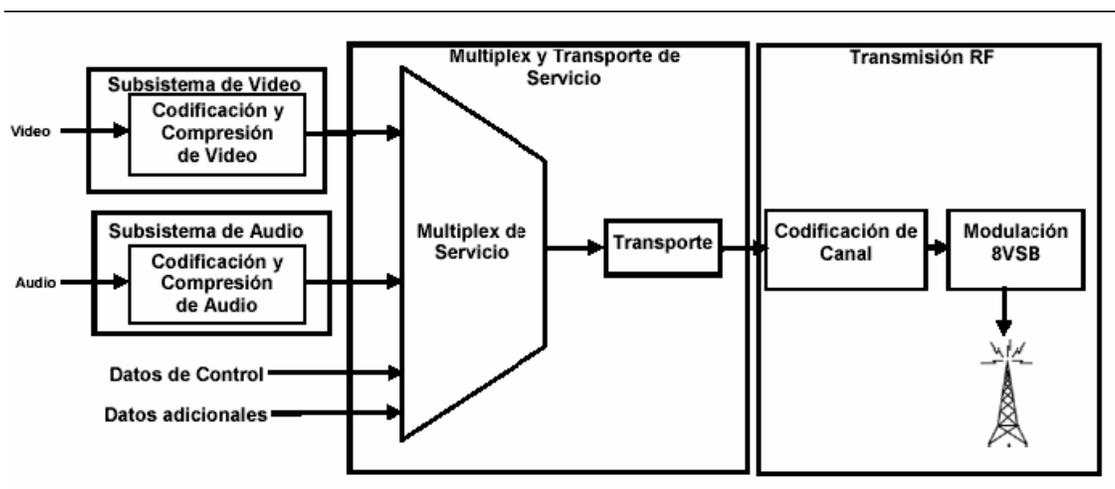


Figura 1. Sistema ATSC [3]

El subsistema de Codificación y Compresión de Fuentes comprime los flujos de audio y video con el propósito de minimizar la cantidad de bits necesarios para representar la información correspondiente.

Para la compresión y codificación de los flujos de video el sistema ATSC utiliza la sintaxis MPEG-2 [4,5], mientras que para la compresión de audio digital se utiliza la norma de compresión digital de audio AC-3[4,5].

El subsistema Múltiplex y Transporte de Servicios divide el flujo continuo de información en paquetes de datos, inserta marcas de identificación únicas a cada paquete, y multiplexa los flujos de paquetes de video, audio y datos anexos para componer un único flujo de transporte. Los datos anexos incluyen datos para el control de la transmisión, control de acceso, e información sobre la configuración de los servicios de audio y video, tales como subtulado. El sistema de transporte de ATSC utiliza el sistema de múltiplex y transporte definido por el estándar MPEG-2, el cual es compatible con el formato de transporte de otros medios digitales, tales como la radiodifusión terrestre de audio digital, sistemas de televisión digital por cable y satelital, medios de almacenamiento como discos de video digital y DVD, e interfaces computacionales.

Finalmente, el subsistema Transmisión de RF agrega codificación de canal y realiza la modulación del flujo de transporte para su posterior transmisión inalámbrica. El propósito de la codificación de canal es agregar información redundante al flujo de datos. Dicha información es luego utilizada en el receptor para detectar y corregir errores causados por el canal inalámbrico e interferencias. El sistema de modulación usa la modalidad 8 VSB para transmisiones terrestres. La norma también considera un modo de alta capacidad de datos, 16 VSB, orientado a televisión por cable [17].

### **2.2.2 Características del Video**

Existen tres tipos básicos de resolución de pantalla que pueden utilizarse con el estándar ATSC. El nivel más sencillo incluye los formatos básicos y extendidos de las normas de TV analógicas NTSC y PAL2, con 480 y 576 líneas visibles, respectivamente (Figura 2), y hasta 720 pixeles por línea. Luego, el nivel medio incluye imágenes de resolución media con 720 líneas de resolución y 960 pixeles por línea (razón de aspecto 4:3 tradicional) y 1280 pixeles por línea (razón de aspecto 16:9 en pantalla extendida). El nivel de mayor resolución tiene 1080 líneas, y 1440 y 1920 pixeles por línea para razones de aspecto 4:3 y 16:9, respectivamente. La Figura muestra las relaciones de tamaño comparativas [17].

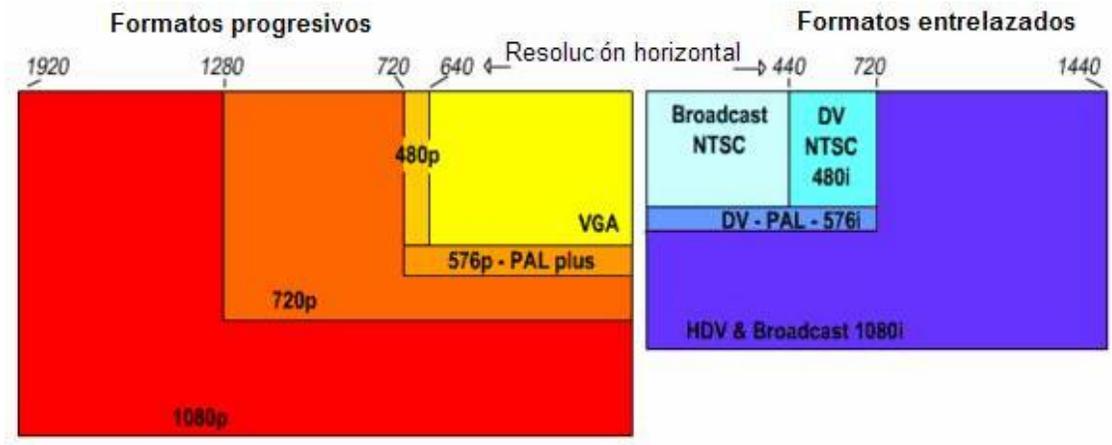


Figura 2 Comparación entre resoluciones de video especificadas por ATSC [6].

### 2.2.3 Características del Sistema de Audio

La compresión y codificación de audio en ATSC se basa en el estándar de compresión digital de audio AC-3. Es el estándar de compresión de audio propietario de los laboratorios Dolby, que actualmente estos laboratorios utilizan para su sistema Surround Sound, compatible con muchas aplicaciones de audio/video (DVD, DTS, DTX) [7].

El sistema de audio está diseñado para transportar hasta seis señales de audio de alta calidad para su utilización en sistemas de tipo Home Theater (también denominadas señales "5.1"). Los seis canales de audio son: Izquierdo (L), Central (C), Derecho (R), Surround Izquierdo (LS), Surround Derecho (RS) y énfasis de Baja Frecuencia (LFE). El audio de cada canal está limitado a un ancho de banda de 20 kHz, con excepción del canal LFE, el que está limitado a 120 Hz. También es posible enviar otras combinaciones de señales de audio, siempre que no se exceda la tasa máxima total de 448 Kbps.

La compresión AC-3 de una o varias fuentes de audio digital o flujos elementales (desde 2 en un programa con sonido estéreo hasta 6 en un programa con sonido 5.1), representa un servicio de audio. Múltiples servicios pueden ser multiplexados en un flujo de transporte MPEG-2, siendo clasificados en principal (audio completo asociado a una señal de video, incluyendo diálogo, música, efectos especiales) y asociados (servicios especiales como para gente con discapacidades visuales o auditivas, señales de emergencia). El servicio principal de audio, o un servicio asociado completo, debe ser codificado a una

tasa de datos no superior a 448 Kbps, y la tasa final de una combinación de un servicio principal y uno asociado no debe exceder los 576 Kbps [17].

#### Subsistema de Múltiplex de Transporte

El subsistema de transporte usa como entradas los flujos de video, audio y datos, codificados y comprimidos de acuerdo al estándar MPEG-2 y los paquetiza y multiplexa de acuerdo al sistema definido en el mismo estándar MPEG-2 [4,5].

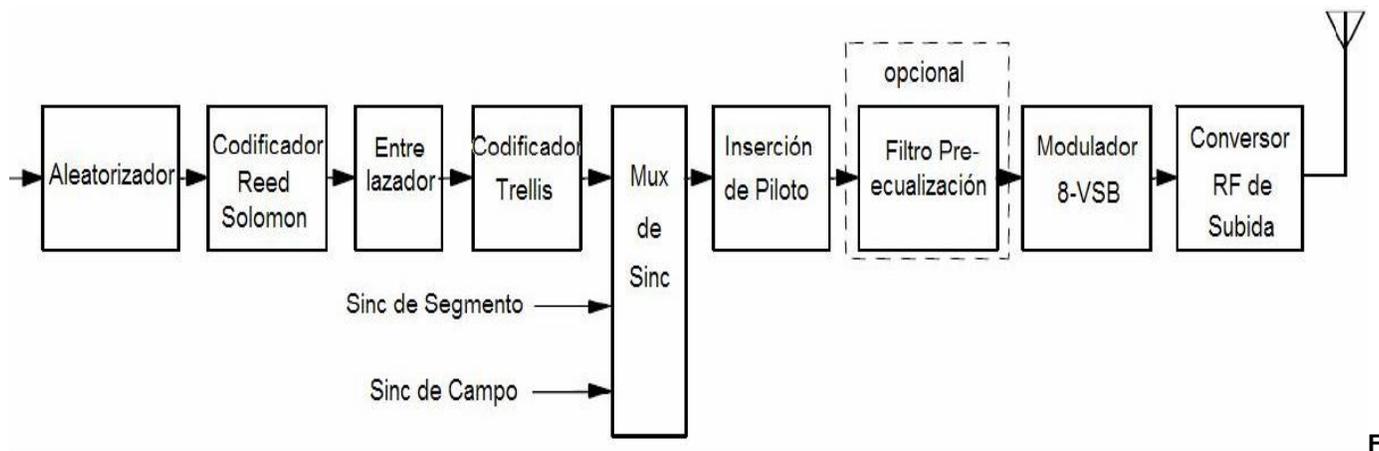
El subsistema de transporte divide los flujos elementales de video, audio y datos en unidades más pequeñas y las multiplexa en estos paquetes de transporte de 188 bytes, cuyo primer byte es insertado para sincronismo. El receptor, es responsable de recuperar esos flujos elementales para entregárselos a los decodificadores correspondientes, junto con la señalización de errores. El subsistema de transporte también incorpora la función que permite la sincronización del receptor.

#### **2.2.4 Características del Sistema de Codificación y Modulación**

El sistema de codificación de canal y modulación de ATSC constituye la característica más propia de éste estándar. Los dos bloques fundamentales son la Codificación de Canal y la Modulación 8-VSB, descritos a continuación.

#### Codificación de Canal

La Figura 3 muestra el diagrama del proceso de codificación y modulación. El sistema es alimentado con el flujo de transporte paquetizado según se ha descrito anteriormente. Los datos son primero aleatorizados (dispersión de energía) y luego procesados para brindar capacidad de corrección de errores mediante un código de bloques Reed-Solomon (RS), seguido por un entrelazador y un codificador Trellis (TCM).



**Figura 3. Diagrama funcional del sistema de codificación de canal y modulación de ATSC [17].**

Las características de cada bloque se describen a continuación:

- Aleatorizador: La aleatorización uniformiza la distribución de energía de la señal MPEG-2 en el espectro y contribuye a que el espectro de la transmisión tenga las propiedades adecuadas (se comporta como una señal de ruido blanco).
- Codificador Reed Solomon: Los bits aleatorizados son procesados para brindar una capacidad de corrección de errores mediante un código de bloques Reed-Solomon (RS) (específicamente el código RS (207, 187,  $t = 10$ )). Este código es capaz de corregir hasta 10 bytes con errores entre cada grupo de 207.
- Entrelazador: El objetivo de este dispositivo es dar protección a la señal cuando hay errores de ráfaga. El entrelazador de bytes empleado es convolucional de longitud 52 y sólo se entrelazan los bytes de datos (incluyendo los bytes de redundancia insertados por RS).
- Codificador Trellis: El objetivo de este codificador es brindar una segunda capa de protección de errores. Se usa un codificador Trellis (TCM) de tasa  $2/3$ , el que inserta un bit de redundancia por cada 2 bits de datos. Cada grupo de 3 bits resultantes definen uno de 8 símbolos de la modulación de amplitud de pulso (8-PAM) utilizada posteriormente en el modulador.
- Multiplexor de Sincronismo: Se insertan símbolos piloto necesarios en el receptor para recuperar y mantener el sincronismo de los datos.

## Modulación 8-VSB

La modulación utilizada en ATSC es esencialmente una Modulación de Amplitud de Pulsos de 8 niveles (8-PAM) en banda base, trasladada a radiofrecuencia mediante un modulador analógico de Banda Lateral Doble Portadora Suprimida, seguido por un filtro que elimina la banda lateral inferior y un circuito que inserta una portadora. Este método de modulación es conocido como Vestigial Sideband Modulation (VSB) y es, de hecho, similar a la técnica de modulación que ha sido utilizada para transmisión de televisión analógica desde sus comienzos. VSB es en gran medida una modulación de Banda Lateral Única (BLU), pero difiere de ésta por la forma en que es generada. En BLU una de las Bandas Laterales es cancelada completamente mediante circuitos o filtros muy escarpados, mientras que en VSB la Banda Lateral Inferior (BLI) es filtrada mediante filtros de fácil realización. Debido a que todo filtro realizable tiene una transición no instantánea entre la Banda Lateral Superior (BLS) y la Banda Lateral Inferior (BLI), la señal filtrada inevitablemente contiene vestigios de la BLI –de ahí el nombre VSB [17].

La inserción de una portadora simplifica las tareas de sincronización y demodulación en el lado receptor. En la práctica, la portadora es insertada en banda base agregando un valor de continua a la modulación 8-PAM, previo al traslado a radiofrecuencia realizado con el modulador de Banda Lateral Doble Portadora Suprimida tradicional.

El proceso de modulación se describe a continuación y completa la descripción de la Figura 3.

Inserción de Piloto: El tono piloto (portadora) se inserta en banda base agregando a la modulación 8-PAM un offset que causa que su valor medio no sea cero. La potencia del piloto es pequeña y está 11,3 dB por debajo de la potencia promedio de la señal.

Filtro de Pre-ecualización: Es opcional y dependiente de la implementación específica de cada receptor. Para ello se requiere de una función de ecualización en el receptor. Para tal fin, cada segmento de sincronismo de campo de datos transmitido contiene una secuencia de entrenamiento, la cual puede ser utilizada por el ecualizador del receptor.

Modulación 8-VSB: La señal 8-PAM con offset es primero trasladada a una frecuencia intermedia mediante modulación de Banda Lateral Doble Portadora Suprimida y luego filtrada con un filtro de Nyquist.

El filtro especificado tiene factor de roll-off 11,5%, lo cual divide la banda de 6 MHz en una porción activa de 5,38 MHz y dos bandas de guarda de 310 kHz (una en cada extremo de la banda).

### **2.2.5 Operación con Frecuencia Única Nacional**

Para cubrir un área geográfica, un operador de televisión digital terrestre puede utilizar un solo transmisor de alta potencia y gran alcance, o múltiples transmisores de potencias menores.

En redes de frecuencia única para distribución de TV Digital, puede haber sectores entre transmisores adyacentes, en los cuales las transmisiones de éstos se traslapan. En estos sectores, los receptores perciben las múltiples transmisiones como una propagación de multitrayectoria, puesto que las transmisiones portan el mismo contenido pero están desfasadas en el tiempo y tienen magnitudes relativas que dependen de la ubicación del receptor respecto a los transmisores. El receptor debe procesar estas múltiples transmisiones para obtener una sola señal que permita demodular el flujo de transporte con la menor cantidad de errores. En este sentido, si un estándar tiene mejor robustez frente a propagación de multitrayectoria, la tendrá también en términos de la operación en red con frecuencia única.

El principal desafío que enfrenta la operación de un sistema de TV digital mediante Redes de Frecuencia Única (RFU) es lograr y mantener el mejor sincronismo posible entre las estaciones transmisoras, de modo que las señales provenientes de dos o más estaciones puedan ser interpretadas, en la práctica, como ecos de una sola transmisión.

En Julio del 2005 se introdujeron modificaciones al estándar ATSC para posibilitar la operación de ATSC en RFU. La operación en frecuencia única no estaba contemplada en el estándar ATSC. En el año 2004, el estándar fue modificado y los nuevos equipos tienen la capacidad de operar en redes RFU, pero hasta la fecha las experiencias prácticas de operación RFU son escasas.

### **2.2.6 Características generales del estándar ATSC**

- Las principales directrices seguidas en el diseño del sistema ATSC fueron:
- ATSC debe al menos igualar la cobertura de un sistema NTSC analógico.

- El estándar no debe ser ambiguo y permitir la rápida liberación de equipos en el mercado.
- La velocidad de transmisión debe ser maximizada.
- El sistema debe permitir la transmisión de HDTV en un canal de 6 MHz de ancho de banda.
- El nivel de protección para la transmisión de datos deberá ser el apropiado para situaciones de recepción normal.
- 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.
- Acepta hasta 18 formatos de producción, que van desde la Alta Definición a la Definición Estándar, incluidos formatos semejantes a los del cine, así como otros formatos compatibles con las computadoras personales.
- 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.
- 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 está diseñado para recepción fija, con la capacidad potencial para desarrollar la recepción móvil.
- 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.

- Su adopción fue considerada prematura y fuertemente criticada por especialistas de su propio país, que reconocieron sus ventajas, pero indicaron que esta norma iba a dejar muchos “huecos” de cobertura, (un % importante de gente no la podría ver, si vive en un lugar con muchas reflexiones) Según las pruebas de Brasil, este % puede llegar a ser tan alto como un 30% en una zona llena de edificios.
- Se considera robusto ante la interferencia impulsiva de corta duración (caso típico provocado por la chispa de las bujías de los autos); aunque débil ante los desvanecimientos selectivos en frecuencia, que dependen de las condiciones de propagación y de la presencia de señales interferentes.
- También se señala en la literatura que un transmisor ATSC tiene mayor alcance, y consume menos energía que los transmisores de otras normas para una misma potencia irradiada. Es por tanto más eficiente, tiene un ahorro energético, que es un factor que no puede menospreciarse.

### **2.2.7 Ventajas de la Norma de ATSC:**

- Mayor velocidad de transferencia de bits a igual cobertura, lo que significa más servicios a la comunidad.
- Mayor posibilidad de uso de las torres de transmisión existentes.
- ATSC requiere menos retransmisores que otras normas.
- Los problemas anteriores de recepción (fantasmas) han sido completamente superados.
- Líder mundial en el despliegue de HDTV.
- Los precios más bajos posibles para receptores y decodificadores de TV digital.
- Gran influencia del mercado de América del Norte para bajar los precios.
- Mejor opción para expandir la exportación de equipos y programas.
- Sus transmisores tienen menor costo de adquisición y operación.
- Sus transmisores tienen un gran alcance, y consumen menos energía que los transmisores de otras normas para una misma potencia irradiada.

### **2.2.8 Desventajas de la Norma ATSC:**

La más importante fuente de controversia del sistema ATSC ha sido su capacidad de recepción bajo difíciles condiciones de multitrayectoria, como resultado del reflejo de las señales de TV en diversas superficies como son las paredes, piso y techo de las habitaciones, edificios, valles y elevaciones en áreas rurales, etc. (en la TV analógica estas reflexiones las vemos como imágenes múltiples a la derecha de la imagen principal, conocidos como fantasmas). Este problema dificulta su recepción con antenas interiores. El mecanismo que utiliza para la transmisión es teóricamente inferior al utilizado por el resto de las normas, que intrínsecamente son más robustas ante este problema. 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.

### **2.3 El Estándar de Televisión Digital (DVB-T)**

El estándar de televisión digital europeo, Digital Video Broadcasting (DVB), fue establecido por el European Telecommunications Standards Institute (ETSI) durante los años 1990 y consiste de un conjunto de aproximadamente 30 especificaciones y documentos técnicos que cubren la vasta gama de tópicos relacionados con la distribución digital de video.

DVB fue diseñado para transmitir información de audio y video codificada de acuerdo a una versión especializada del estándar de codificación de audio y video MPEG-2[4,5]. DVB contiene especificaciones para distribución de video digital por diversos medios, incluyendo satélite (DVB-S), cable (DVB-C), terrestre (DVB-T) y microondas (DVB-MS y DVB-MC). Recientemente también fue incorporada la especificación para distribución terrestre de contenido a terminales portátiles (DVB-H). Además, las especificaciones DVB establecen normas sobre aspectos como:

- Provisión de servicios interactivos mediante canales de retorno sobre varios medios (DECT, GSM, PSTN/ISDN, satelital, etc.) y protocolos (IP, NPI).
- Acceso condicional a contenidos pagados y protección de copia.

- Formato e interfaz para transferir señales DVB hacia las localidades de distribución mediante de redes de datos tradicionales.
- Transmisión de señales DVB-T mediante red de frecuencia única.
- Utilización de DVB para distribución de datos genéricos, no limitado a audio y video, y posibilitando formatos como MPEG-4.

### 2.3.1 El Sistema DVB-T

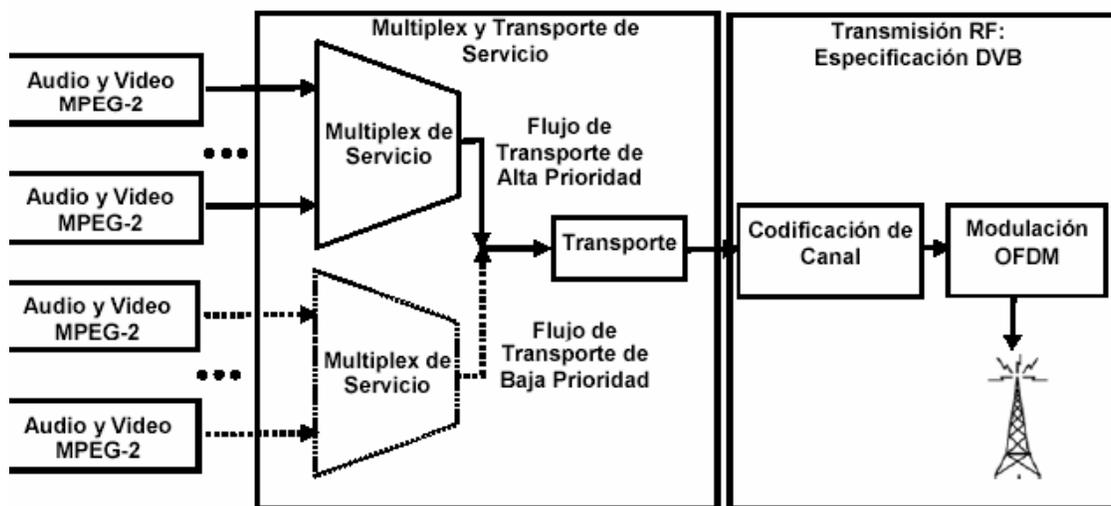


Figura 5. Diagrama general del sistema DVB-T.

En primer lugar, las señales de video y audio son comprimidas y codificadas según la norma MPEG-2, con una sintaxis especializada por ETSI para DVB [8]. Dicha especialización asegura que el sistema DVB sea compatible con medios de almacenamiento de contenido existente y futuro, como DVD, DVC, D-VHS. Ello requiere que los flujos de datos de DVB satisfagan ciertas condiciones, por ejemplo, tasas de datos máximas para señales de audio y video [17].

Varios programas (video, audio y datos) codificados y comprimidos con MPEG-2 pueden ser multiplexados en un único flujo de transporte MPEG-2, permitiendo así compartir el canal para distribuir programación múltiple simultáneamente. Debe notarse que este proceso es prácticamente equivalente al que se realiza en los subsistemas de “Codificación y compresión de fuentes” y “Múltiplex y transporte de

los servicios” del estándar ATSC, excepto por el estándar utilizado para la codificación de fuente de audio. En la norma ATSC, la codificación de audio sigue la sintaxis AC-3, mientras que la transmisión de audio del estándar DVB sigue las recomendaciones del formato MPEG-2 para estéreo y sonido envolvente (es decir, la codificación de audio es MPEG-2 en vez de AC-3). En todo caso, el estándar DVB también permite la operación con formatos AC-3 o DTS para sonido envolvente.

El sistema DVB-T permite además combinar jerárquicamente hasta dos flujos de transporte en una sola transmisión digital, uno de alta prioridad (AP) y otro de baja prioridad (BP), este último mostrado con línea punteada en la Figura 5. El flujo AP requiere menor razón señal a ruido (SNR) para ser decodificado que el BP. Así, por ejemplo, el flujo AP podría portar señales de video en resolución normal con una codificación de canal de alta redundancia, haciendo posible su decodificación a distancias lejanas a la antena de transmisión (donde la SNR es baja). El flujo BP, en cambio, podría portar la misma programación en alta resolución utilizando una codificación de alta tasa (poca redundancia), el que sería decodificado satisfactoriamente por receptores ubicados a distancias menores (SNR alta). Cabe destacar, no obstante, que el receptor puede escoger libremente entre los flujos AP y BP y que ambos flujos de transporte podrían perfectamente ser utilizados para transmitir programación completamente distinta [11].

El sistema de Transmisión RF es el que caracteriza al sistema DVB (Figura 5). En el bloque de Codificación de Canal, se aplica a la señal un conjunto de procesos cuyo objetivo es proteger los flujos de transporte de los efectos de las diversas fuentes de ruido e interferencias que degradan las transmisiones. Las normas DVB-S y DVB-C y DVB-T utilizan el mismo sistema de codificación, lo que permite aprovechar economías de escala en el desarrollo de equipos, y así llegar al consumidor con productos de costos más convenientes [9].

El módulo de Modulación OFDM genera las señales de radiofrecuencia que

son transmitidas por radio a partir de los datos digitales entregados por el codificador de canal. En DVB-T se utiliza modulación OFDM con modulación QAM de las sub-portadoras.

### 2.3.2 Características del Video

Al igual que el sistema ATSC, el sistema DVB soporta diferentes resoluciones de pantalla y tasas de trama. Los formatos se indican a continuación en la Tabla según resolución, forma de barrido (progresivo (P) o entrelazado (I)) y tasa de cuadros por segundo. Cabe mencionar que las resoluciones indicadas operan con anchos de banda de transmisión de 6, 7 y 8 MHz.

**Tabla 2. Resoluciones de Pantalla.**

| Líneas Verticales | Píxeles por Línea       | Razón de Aspecto | Frecuencia de Tramas      |
|-------------------|-------------------------|------------------|---------------------------|
| 1080              | 1920                    | 16:9             | 50P (HDTV)                |
| 1080              | 1920,1440               | 16:9, 4:3        | 25I, 25P (HDTV)           |
| 720               | 1280                    | 16:9, 4:3        | 25P, 50P (HDTV)           |
| 1080              | 1920,1440               | 16:9, 4:3        | 60I, 30P, 24P (SDTV)      |
| 720               | 1280, 960               | 16:9, 4:3        | 60P, 30P, 24P (SDTV)      |
| 576               | 720, 704, 544, 480, 352 | 16:9, 4:3        | 25I, 25P (SDTV)           |
| 480               | 720, 640, 544, 480, 352 | 16:9, 4:3        | 60P, 60I, 30P, 24P (SDTV) |
| 288               | 352                     | 16:9, 4:3        | 25P (SDTV)                |
| 240               | 352                     | 16:9, 4:3        | 24P, 30P (SDTV)           |

Nuevamente, al igual que en el caso de ATSC, los formatos de video corresponden a los definidos en el estándar MPEG-2[4,5].

### 2.3.3 Características del Audio

Como se ha mencionado, el sistema de audio usa el estándar MPEG-2. Sin embargo, es posible utilizar formatos AC-3 o DTS. El sistema permite transportar hasta seis señales de audio, es decir, sonido envolvente (surround sound), a tasas de hasta 384 kbps [17].

### 2.3.4 Características del Sistema de Codificación y Modulación

El sistema de transmisión del estándar DVB utiliza modulación (OFDM) codificada para la interfaz aérea, pudiendo ser usados anchos de banda de 6, 7 y 8 MHz, así como 5 MHz con ciertas limitaciones.

## Descripción de la Codificación de Canal

El sistema de codificación de DVB-T fue diseñado en gran medida para manejar la Interferencia Dentro del Canal (IDC) e Interferencia de Canal Adyacente (ICA) producidas por transmisiones tanto analógicas como digitales. El alto grado de protección necesario se logra mediante una concatenación de códigos Reed-Solomon (RS) y Convolutacional (Conv), y entrelazadores, según se describe a continuación:

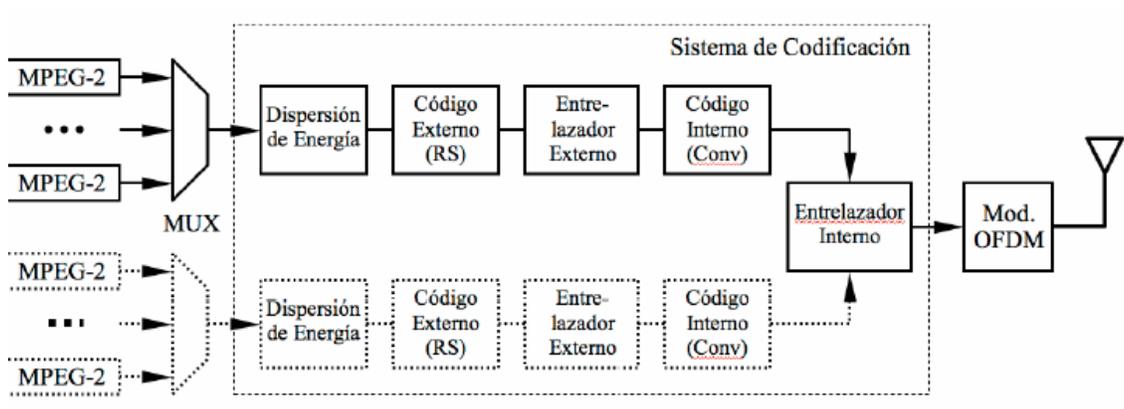


Figura 6. Sistema de codificación de canal de DVB-T.

Los datos de entrada de cada uno de los flujos de transporte (alta y baja prioridad) son procesados del mismo modo, según se describe a continuación:

-Dispersión de Energía: Los datos son aleatorizados mediante multiplicación por una secuencia binaria seudo aleatoria de orden 15. El propósito de esta operación es eliminar todo sesgo estadístico que la secuencia de datos de la fuente pueda tener. Por ejemplo, varios cuadros sucesivos de una imagen negra podrían, según como haya sido hecha la codificación MPEG-2, generar un flujo de transporte en el que una gran mayoría de bits consecutivos sean ya sea ceros o unos. Puesto que el resto de la cadena de codificación y modulación es determinística, ello finalmente se traduciría en una transmisión con características espectrales desbalanceadas, aumentando la interferencia de canal adyacente.

-Código Externo (Reed-Solomon): En segundo lugar se agrega capacidad de corrección de errores mediante un código Reed-Solomon acortado (204, 188,  $t = 8$ ). El código se aplica por bloques a grupos de 188 bytes, compuestos por 1 byte de sincronización MPEG-2 y 187 bytes de cada paquete MPEG-2,

resultando palabras codificadas de 204 bytes. Este código es capaz de corregir hasta 8 bytes erróneos ocurridos en cada grupo de 204.

-Entrelazador Externo: En seguida se aplica un proceso de entrelazado convolucional por bloques (se entrelaza internamente el contenido de cada grupo de 204 bytes).

-Código Interno (Convolucional): A continuación se utiliza un segundo código de corrección de errores, el que emplea un código convolucional punzado. El código es de restricción  $K=6$  (64 estados) y puede operar a tasas  $\frac{1}{2}$ ,  $\frac{2}{3}$ ,  $\frac{3}{4}$ ,  $\frac{5}{6}$  y  $\frac{7}{8}$ , otorgando así flexibilidad entre tasa de datos y el nivel de protección que se desea. La tasa de codificación es determinada por el operador según la cobertura y tasa de datos que desee, y puede modificarla libremente en el tiempo. La tasa  $\frac{7}{8}$  agrega un bit de redundancia por cada siete bits de información, y provee el grado de protección más débil a los datos, pero tiene una mayor capacidad de transporte. La ventaja es que 7 de cada 8 bits transmitidos contienen información, pero la cobertura es reducida, puesto que se requiere una señal fuerte (alta razón señal a ruido) para lograr la decodificación sin errores. En el otro extremo, la tasa  $\frac{1}{2}$  otorga el máximo grado de protección a los datos. Ello permite decodificar la señal a distancias mayores, donde la razón señal a ruido es débil, pero sacrifica la tasa de datos puesto que por cada 8 bits transmitidos sólo 4 portan información [17].

-Entrelazador Interno: En transmisiones no jerárquicas, solamente existe el flujo de transporte superior. En tal caso, los bits del flujo de transporte son agrupados en símbolos de 2, 4 o 6 bits/símbolo (según el tamaño de la constelación QAM usada en la modulación OFDM, 4-QAM, 16-QAM o 64-QAM).

El entrelazado es realizado entre bits correlativos de 126 símbolos consecutivos. Luego los símbolos resultantes son entrelazados entre ellos para dispersar su ubicación en las sub-portadoras del modulador OFDM.

En transmisiones jerárquicas, el entrelazado opera en forma similar, excepto que los símbolos son formados por grupos de 2 bits del flujo AP y 2 bits del flujo BP, o bien 2 bits del flujo de AP y 4 bits del flujo BP (caso 64-QAM jerárquico).

Puesto que el receptor puede escoger libremente entre los flujos AP y BP, basta que éste cuente con un solo juego de decodificadores interno/externo y entrelazadores interno/externo para decodificar la señal

deseada (a diferencia del transmisor, que requiere de ambos flujos para combinar las señales jerárquicamente). La desventaja de contar con esta economía de componentes en el receptor es que cambiar de un flujo al otro requiere congelar la señal de video por aproximadamente 0,5 segundos, y la de audio por aproximadamente 0,2 segundos, mientras se re-inicializa la cadena de codificación.

### **2.3.5 Modulación OFDM**

DVB-T utiliza modulación OFDM con los siguientes parámetros principales:

-Sub-Portadoras: Se consideran tres modos de operación según el número de sub-portadoras en las cuales se subdivide la banda de transmisión. Concretamente, se tiene el modo “2k” con 2048 sub-portadoras, el modo “4k” con 4096 sub-portadoras, y el modo “8k” con 8192 sub-portadoras. El modo 4k fue añadido recién en 2004 para otorgar mayor flexibilidad de transmisiones a terminales móviles pero puede ser utilizado para transmisiones DVB-T también [17].

En la práctica sólo se modulan 1705 sub-portadoras en el modo 2k, 3409 en el modo 4k, y 6817 en el modo 8k (incluye sub-portadoras con tonos piloto y parámetros de transmisión), debido a limitaciones de los circuitos de radiofrecuencia. Entre las sub-portadoras moduladas, la cantidad de sub-portadoras destinadas a portar datos de video propiamente tales son 1512, 3024 y 6048 respectivamente, mientras que las demás son utilizadas para transmitir parámetros de codificación, modulación y tonos pilotos necesarios para sincronización y estimación del canal. Esto además permite que cada operador configure su transmisión libremente en cada momento según contenido (noticias, alta definición, flujos priorizados), plan de negocios, y que cada receptor se ajuste automáticamente a ella.

El modo de sub-portadoras utilizado no tiene incidencia sobre la tasa de datos. En efecto, dado el ancho de banda de la transmisión (por ejemplo, 6 MHz u 8 MHz), la duración de los símbolos OFDM en el modo 8k es el doble que los símbolos en el modo 4k, los que a su vez duran el doble que en el modo 2k. Así, cuatro símbolos OFDM en el modo 2k requieren del mismo tiempo de transmisión y portan igual cantidad de información que un símbolo 8k.

No obstante lo anterior, el modo 2k es más adecuado para recepción en terminales móviles, puesto que la duración menor de cada símbolo OFDM permite velocidades del móvil mayores (variaciones del canal

más rápidas), precisamente hasta 4 veces superiores que en el modo 8k. En cambio, la desventaja de usar el modo 2k es que está limitado a canales 4 veces menos dispersivos que el modo 8k, lo que se traduce en celdas cuyo radio de cobertura es 4 veces menor que para el caso 8k, y por ende, cuya área de cobertura es 16 veces menor. Esto encarece significativamente el costo de implementación. El modo 4k fue introducido como un compromiso intermedio entre costo y movilidad [17].

**Ancho de Banda de Transmisión:** El ancho de banda de transmisión depende esencialmente del ajuste de frecuencia del reloj (clock) de los circuitos que implementa la cadena de codificación de canal y modulación OFDM en transmisores y receptores DVB-T. No obstante, el estándar especifica explícitamente transmisiones en bandas de 5, 6, 7 y 8 MHz, a fin de definir claramente aspectos como tasas de datos y máscaras de radiación fuera de banda. Así, para canales de 8 MHz el período de clock especificado es  $7/64 \mu\text{s}$ , y de  $7/48 \mu\text{s}$  para canales de 6 MHz. Ello se traduce en una separación de 7,61 MHz entre las sub-portadoras extremas para bandas de 8 MHz, y 5,71 MHz para bandas de 6 MHz.

Circuitos integrados diseñados para realizar el procesamiento de banda base (codificación de canal y modulación OFDM) para un ancho de banda de 8 MHz, no debieran tener inconveniente alguno para operar en bandas de 6 MHz (no viceversa).

El radio de celda máximo que un determinado modo de sub-portadora (2k, 4k u 8k) puede soportar es 33% mayor (factor 8/6) en transmisiones de 6 MHz de ancho de banda que en 8MHz. Las áreas de cobertura correspondientes difieren en 77%. La ventaja en el caso de 6 MHz resulta de la menor separación entre las sub-portadoras, lo que permite operar en canales con mayor selectividad en frecuencia. La desventaja de lograr mayor cobertura de esta forma es una reducción de 33% en la tasa de datos.

**Intervalo de Guarda Temporal:** El propósito de los intervalos de guarda es proveer inmunidad a la dispersión de canal. La técnica consiste en separar símbolos OFDM consecutivos y rellenar la brecha resultante (intervalo de guarda) con datos redundantes. Se especifican cuatro posibles valores para el intervalo de guarda entre símbolos OFDM, de  $1/4$ ,  $1/8$ ,  $1/16$  y  $1/32$  de la duración del símbolo OFDM. Su elección depende principalmente de la geografía del entorno de transmisión, lo que determina la dispersión del canal correspondiente. En regiones con montañas se debe optar por valores mayores ( $1/4$ -

1/8) que en las llanuras. En el caso más extremo (intervalo de  $\frac{1}{4}$ ), la tasa de datos se ve reducida en un 20%.

Modulación de Sub-Portadoras: Las subportadoras pueden ser moduladas con constelaciones 4-QAM, 16-QAM o 64-QAM. Estas constelaciones son uniformes (símbolos equidistantes) en el caso de transmisión de un flujo de transporte único, mientras que se utiliza un formato no-uniforme (símbolos equidistantes dentro de cada cuadrante, pero con separación mayor entre cuadrantes) al combinar flujos jerarquizados AP y BP.

### Tasas de Datos

Las tasas de datos posibles en DVB-T dependen de los siguientes parámetros de codificación y modulación:

- Tasa de codificación del código interno (convolucional).
- Ancho de banda de la transmisión.
- Tamaño de la modulación QAM.
- Tamaño del intervalo de guarda.

La tasa de datos en cambio no depende de los siguientes parámetros:

- Número de sub-portadoras (2k, 4k u 8k).
- Transmisión jerarquizada o no.

Dado un ancho de banda de la transmisión y transmisión no jerarquizada (flujo de transporte único), todas las combinaciones de los demás parámetros permiten lograr en total 60 tasas de datos distintas. Para bandas de 6 MHz, las tasas de datos netas para transmisión de contenido están el rango entre 3,73 Mbits/s y 23,75 Mbits/s. Para bandas de 8 MHz, las 60 tasas posibles son un 33% mayores (factor 8/6), estando por lo tanto en el rango entre 4,98 Mbits/s y 31,67 Mbits/s.

Lograr transmisiones casi libre de errores (CLE) a una tasa de datos determinada requiere una razón señal a ruido (SNR) mínima en los receptores.

Esta SNR mínima es mayor cuanto mayor sea la tasa de datos deseada; depende de las condiciones de propagación y no del ancho de banda. En general, la SNR es menor cuanto más alejado esté un receptor del transmisor, por lo que tasas de datos mayores (mayor SNR mínima requerida) encogen el área de cobertura en la que se obtiene transmisión CLE.

La menor tasa de datos posible (3,73 Mbits/s o 4,98 Mbits/s), requiere entre 3,1 dB y 5,4 dB de SNR, y la mayor tasa posible (23,75 Mbits/s o 31,67 Mbits/s) requiere entre 20,1 dB y 27,9 dB según las condiciones del canal. Esto implica que si en un ambiente urbano la mayor tasa es lograda a distancias no mayores que  $x$  kilómetros, con la misma potencia de transmisión se podría lograr la menor tasa a una distancia en el orden de  $5x$  a  $6x$ . Así, el área que se puede cubrir transmitiendo a la menor tasa es aproximadamente 30 veces mayor que con la mayor tasa [17].

Desde luego, la tasa de datos está estrechamente ligada con la resolución de video de la transmisión, y al número de señales MPEG-2 que se multiplexan en cada flujo de transporte (de los dos posibles, AP y BP). En este sentido, el estándar DVB-T no especifica el formato de los contenidos, dejando estos aspectos en manos de los operadores y de sus planes de negocio.

### **2.3.6 Operación con Frecuencia Única Nacional**

En redes de frecuencia única (RFU) con el estándar DVB-T, el principio es el mismo que en el caso del estándar ATSC, en el sentido que las múltiples señales recibidas en las zonas de traslape de los transmisores deben parecerse lo más posible a un eco. El sincronismo entre estaciones debe ser logrado en tres aspectos:

- Frecuencias idénticas de las portadoras de radiofrecuencia.
- Frecuencias idénticas de muestreo entre los moduladores OFDM.
- Flujos de transporte idénticos y sincronizados entre estaciones.

Diferencias entre las frecuencias de portadora o de muestreo causan una degradación en la señal recibida similar a una pérdida de SNR o a una Interferencia de Co-Canal.

Si el sincronismo del flujo de transporte no es logrado, con suficiente precisión, las transmisiones de celdas adyacentes tendrán un efecto equivalente al de una propagación de multitrayectoria mucho más dispersiva que la real existente entre el transmisor local y el receptor. Si, en cambio, dicho sincronismo no existe, transmisiones idénticas pero desfasadas de celdas adyacentes causarán Interferencia de Co-Canal (ICC) en la celda deseada. En ambos casos la consecuencia es ya sea una pérdida de eficiencia espectral (menor tasa de datos), o degradación de la calidad de la imagen y audio recibidos.

Es fundamental señalar que el mecanismo de sincronización puede compensar retardos de propagación en la red de distribución de a lo más un segundo. Por lo tanto, el tamaño de una RFU de DVB-T está limitado a áreas geográficas dentro de las cuales la red de distribución de datos tiene retardos menores a un segundo.

También cabe destacar que el estándar no especifica la precisión requerida de los osciladores de portadora y banda base para asegurar la sincronización correspondiente entre estaciones. No obstante, el estándar sí considera la funcionalidad para ajustar las portadoras en pasos de 1 Hz.

Finalmente, no obstante lo anterior, se destaca que en la actualidad existen RFU operativas en transmisiones DVB-T. Destaca el caso de España, donde la empresa Abertis Telecom opera todas las redes nacionales de TV Digital terrestre abierta del país para 4 canales en las frecuencias 66 al 69, utilizando unos 150 Centros Emisores. A la fecha, esta es probablemente la RFU más grande a nivel mundial.

### **2.3.7 Características generales del estándar DVB-T.**

- Las características del estándar permiten al DVB-T ofrecer un elevado grado de inmunidad frente a las señales reflejadas o la propagación multitrayecto, 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. 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. 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.

- 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 Única, 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. 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 video bajo demanda, el pay per view, el teletexto avanzado, el banco en casa, la tienda en casa. En general, los servicios ofrecidos dependen del número de usuarios y del ancho de banda disponible, así raramente se ofrecerá un servicio de video 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 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 video 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 video bajo demanda, o el acceso a Internet.

- La norma DVB es robusta ante el desvanecimiento selectivo en frecuencia. Su funcionamiento óptimo ocurre cuando ocupa un espacio de 8 MHz por canal, y teóricamente puede transmitir cinco programas de manera simultánea, pero en la práctica estos se limitan a cuatro para no arriesgar considerablemente la calidad. Con 8 MHz de ancho del canal soporta sin dificultades un programa de Alta Definición. Con 6 MHz esto es teóricamente posible, pero la literatura señala que está “muy apretado”, ya que el sistema tiene que sacrificar carga útil para poder tener una razonable protección frente a los ruidos de la vida cotidiana.
- Con la norma DVB-T usando la compresión MPEG2 si se quieren transmitir 4 programas con calidad por un canal de 6 MHz o uno solo de Alta Definición hay que pagar el precio de la reducción del área de cobertura y la fortaleza ante las interferencias (aumentando con ello la probabilidad y frecuencia de aparición de pixelados). Una forma de enfrentar esto es aumentando exageradamente la relación de compresión, pero esto deteriora severamente la calidad subjetiva del programa finalmente recibido por el televidente. Por ello, se acepta que en 6 Mhz debe transmitir 3 programas de Definición Estándar y quizás uno solo de Alta Definición.
- La norma DVB-T es una norma abierta, que permite transmitir con variantes. Puede usarse la compresión MPEG2 o la MPEG4 (incluso ambas simultáneamente). Puede transmitir Alta Definición o puede hacerlo con Definición Estándar solamente. Puede también transmitir el audio con formatos diferentes a los originalmente previstos en la norma.

### **2.3.8 Ventajas de la Norma DVB-T.**

- DVB-T es un estándar abierto y mundial de televisión digital terrestre. El sistema aumenta exponencialmente la disponibilidad de ondas radiales y permite al regulador incrementar la cantidad de operadores y canales según las necesidades del país. DVB permite todos los modelos de Televisión Digital: definición calidad DVD (estándar) o alta definición (HDTV), mayor oferta de señales en un mismo canal, mejor calidad de imagen y sonido, movilidad, interactividad y convergencia.

- La versión europea es la más flexible desde el punto de vista del radiodifusor para articular su oferta de contenidos, la más adaptable según las necesidades del regulador y la más accesible para los usuarios.
- Recepción móvil eficiente.
- No tiene interferencias con canales adyacentes.
- Segmentación de canales. Esto significa que un canal digital es subdividido en varios sub-canales que permiten la transmisión paralela de varios servicios.
- La norma permite un alto grado de robustez ante la multitrayectoria y recepción desde vehículos en movimiento.
- Posee el beneficio adicional de poder emplear Redes de frecuencia única, es decir, varios transmisores trabajando en igual frecuencia, presentando la ventaja de que sus áreas de cobertura individuales pueden solaparse sin interferirse.
- Los modos más populares para la TDT sacrifican su capacidad de transmitir más información en aras de garantizar las ventajas ante el multitrayecto y la movilidad con aceptable cobertura.
- Entre otras cosas el estándar DVB, facilita el acceso a una mayor variedad de contenidos y brinda la posibilidad de interactuar con los telespectadores, ofreciendo soluciones potenciales para tele-educación, gobierno electrónico, acceso a Internet, entre otras muchas aplicaciones, lo cual puede contribuir a reducir la brecha digital promoviendo la inclusión social y generalizando el acceso a las comunicaciones de última generación, especialmente en aquellos sectores de la población menos favorecidos.
- DVB es uno de los estándares más usados en el mundo, de hecho ya ha sido adoptado en 56 países y la UIT (Unión Internacional de Telecomunicaciones) ha informado que este número se ampliará próximamente a 110 países ya que será el estándar seleccionado por los países de África, Oriente Medio y Asia. Esto lo convierte en una opción atractiva para los países latinoamericanos, por ser un estándar que ha probado sus cualidades en la práctica y por su alto grado de adopción a nivel mundial, el DVB ofrece economías de escala que ninguno de los otros estándares pueden alcanzar: cuenta con más de 150 millones de receptores vendidos, lo que implica una base mundial instalada que ya es diez veces mayor que la de otros estándares. El

nivel de producción masiva es lo que asegura los menores costos para los usuarios, de hecho, en la práctica, actualmente en Latinoamérica se pueden adquirir decodificadores DVB por menos de 50 dólares estadounidenses.

### **2.3.9 Desventajas de la Norma DVB-T.**

- Es débil ante la interferencia impulsiva de corta duración (carros, motos, etc), lo que ha motivado que no permita su uso en la banda primera de VHF (canales 2 al 6) y no se recomiende su uso en la banda tercera de VHF (canales 7 al 13), aunque teóricamente lo permite. Esto se debe a que los ruidos del entorno se manifiestan con más intensidad en estas bandas. Su debilidad frente al ruido es una limitación muy seria e importante, mucho más en las condiciones de Cuba. La norma recomienda que las antenas receptoras tengan diseños y soluciones técnicas que minimicen el ruido. Esto equivale a aterrizarlas, apantallar los elementos acopladores y al uso de cables coaxiales en vez de cintas de antena. No es necesario decir lo que esto costaría.

## **2.4 El estándar de Televisión digital ISDB-T.**

Norma desarrollada y adoptada en Japón para sus canales de 6 MHz. Puesta a punto en el año 2001. Sigue los mismos principios técnicos que la norma europea DVB-T, pero la supera en los aspectos en los que aquella tiene debilidades.

Originalmente fue concebida con la compresión MPEG2, que es la versión que se utiliza en Japón pero después fue modificada para admitir la compresión MPEG4 que es la norma adoptada en Brasil y denominada SBTVD[11]. Todo país que opte por este Estándar escogería la opción más reciente por lo que nos enfocaremos en la versión brasileña.

### **2.4.1 Principales diferencias entre ISDB-T y SBTVD**

ISDB-T utiliza esquemas de compresión de video y audio MPEG-2 y fue diseñado específicamente para esta compresión. En la versión brasileña se estableció que el sistema de compresión sería H.264 (MPEG-4 AVC) y no MPEG-2 esta modificación y otras derivadas de algunas diferencias menores en las normativas de ambos países, dió origen a un ISDB-T modificado que en Brasil le denominan SBTVD-T. Otra diferencia es el middleware o software de soporte de aplicaciones distribuidas o intermediario, que

permite que las aplicaciones interactivas para TVD sean independientes de las plataformas de hardware de distintos fabricantes. Este es un desarrollo propio de Brasil.

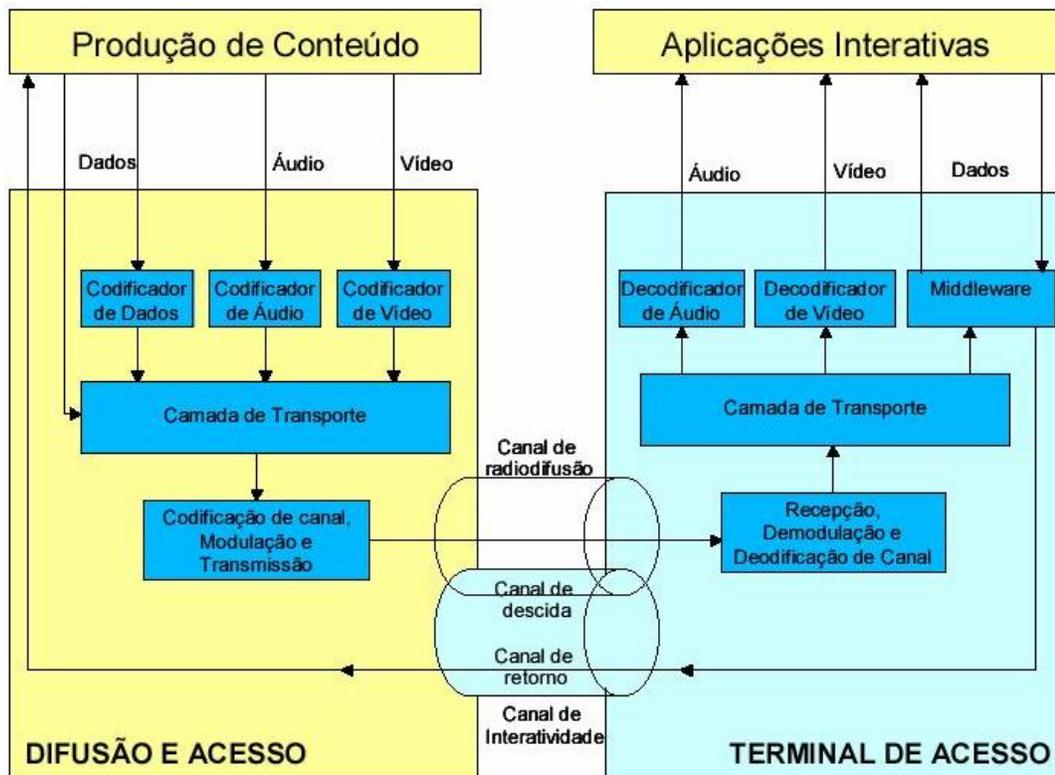
En cuanto al costo adicional derivado de la necesidad de decodificar el MPEG-4 siendo que todos los receptores decodifican MPEG-2, representa menos del 10% del valor del receptor y se espera que con las compras masivas esa diferencia se vea significativamente reducida.

#### **2.4.2 Arquitectura del sistema SBTVD**

El análisis de las tecnologías para el SBTVD es hecho a partir de una arquitectura genérica común a los sistemas de TVD. La arquitectura propuesta se basa en el Modelo de Referencia descrito por la UIT. Ese modelo fue enriquecido con los detalles necesarios para atender los preceptos del Decreto 4.901/2003 (Brasil, 2003); aquí se incluyó la representación del Canal de Interactividad. Además se optó por representar únicamente las funciones de Multiplexación y Transporte, agrupadas en la Capa de Transporte. De igual forma la Codificación de Canal, Modulación y Transmisión están representadas en un único módulo [18].

El sistema está definido como una plataforma multimedia capaz de transmitir señales de audio y video de alta calidad, utilizando la señal de radiodifusión en frecuencias de VHF/UHF. La capacidad de transmisión de datos, que pueden estar vinculados o no a la programación, posibilita el desenvolvimiento de nuevos servicios y aplicaciones digitales.

La arquitectura de referencia para sistemas de TV Digital Terrestre (TVD-T) se muestra a continuación:



El sistema actúa como una plataforma de comunicación entre una fuente de contenido (Producción de Contenido) y los usuarios finales, que hacen uso de las Aplicaciones Interactivas. Está dividido a su vez en dos entidades:

- Difusión y Acceso
- Terminal de Acceso

La parte de Difusión y Acceso está constituida por los módulos necesarios para la codificación y empaquetamiento de las informaciones a transmitir hacia los receptores digitales. Para que las señales de audio, video y datos originados en Producción de Contenido, se transmitan por la plataforma de TVD-T, necesitan ser codificados adecuadamente, lo cual incluye su compresión, e inserción de información que permita posteriormente, su recuperación usando codificadores y decodificadores de audio, de video y de

datos, respectivamente, según se observa en la figura anterior. Una vez codificadas, las señales son procesadas por la Capa de Transporte, que las empaqueta y agrupa en una sola trama de transporte incluyéndose informaciones auxiliares de control. En la siguiente etapa, la señal generada en la Capa de Transporte pasa por un procesamiento adicional en el módulo de Codificación de Canal, Modulación y transmisión, por donde es transmitida [18].

La parte del Terminal de Acceso está compuesta por los módulos necesarios para efectuar el procesamiento inverso al de Difusión y Acceso, reconstruyendo las informaciones originales de audio, video y datos. La señal recibida por el Terminal de Acceso, a través de antenas receptoras en el módulo de Recepción, Demodulación y Decodificación de Canal, pasa por un proceso de demodulación y de decodificación de canal, de donde resulta la señal de transporte que será enviada a la etapa de demultiplexación. Esta separa las señales codificadas de audio, video y datos, que son entonces sometidas a los decodificadores de audio, de video y al Middleware, respectivamente. Los decodificadores de audio y video reconstruyen las señales originales, para que puedan ser correctamente presentadas al usuario. Por otro lado el Middleware, además de decodificar los datos recibidos, se responsabiliza del tratamiento de instrucciones, funcionando como una plataforma de ejecución de software. Finalmente tenemos la Aplicaciones Interactivas, siendo utilizadas por los usuarios.

El Sistema cuenta además con un Canal de Interactividad formado por uno de bajada y otro de retorno, que posibilita la interacción del usuario final con la Producción de Contenido, permitiéndole recibir o enviar solicitudes o informaciones. Para un estudio más detallado del modelo, los módulos fueron agrupados en subsistemas. Un subsistema corresponde a una agrupación de módulos para los cuales es necesario un análisis conjunto. En la figura anterior los subsistemas están dibujados en azul [18].

Para el tratamiento por subsistemas se parte de una estructura en capas. Debido a que es necesario agrupar las capas más bajas, este paralelo permite que el sistema TDT sea visto de forma simétrica, posibilitando la agrupación de módulos de una misma capa en subsistemas.

De esta manera se parte de los siguientes subsistemas y respectivas tecnologías:

- Transmisión y recepción: engloba el modulo Codificación de Canal, Modulación y Transmisión, del lado de Difusión y Acceso, y el Modulo de Recepción, Demodulación y Decodificación de Canal, en el Terminal de Acceso.
- Codificación de Señales Fuentes: este subsistema se subdivide en: Codificación de Audio (Codificador y Decodificador), Codificación de Video (Codificador y Decodificador), Codificación de Datos.
- Capa de Transporte: engloba la Multiplexación y Demultiplexación.
- Middleware: apenas está presente en el Terminal de Acceso y representa la Capa de Software en este.
- Canal de Interactividad: comprende el Canal de Bajada y el Canal de Retorno.

Cada subsistema posee una función específica en el tratamiento del flujo de señales. A continuación se describirá Transmisión y Recepción que es el responsable de la comunicación entre las partes de Difusión y Acceso y el Terminal de Acceso.

Funcionalidad:

Recibe en la parte de la estación transmisora la cadena de transporte que proporciona la Capa de Transporte; lo procesa para su radiación en un canal de radiofrecuencia y se recibe/regenera en el Terminal de Acceso de manera que lo entrega adecuadamente recuperado a la capa de transporte. Así los procesos que caracterizan ese subsistema deben:

- Maximizar la tasa líquida de transmisión para transmitir el máximo posible de información por el canal limitado en banda. Esto es maximizar la eficiencia del uso del espectro.
- Maximizar la robustez de la trama de transporte recuperada frente a degradaciones introducidas en el canal de transmisiones: atenuación, obstrucción, ruidos, interferencia y larga distancia.
- Minimizar la potencia de transmisión requerida.
- Mantener el espectro de frecuencia de la señal transmitida restringida al canal de transmisión.

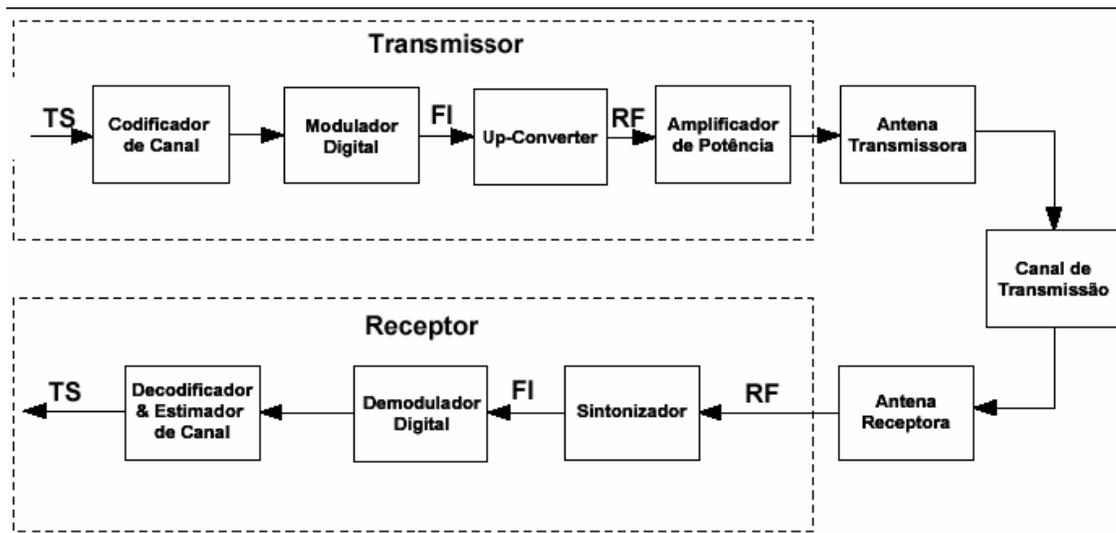


Figura 7. Estructura de Referencia.

Para transmisión en el lado de Difusión y Acceso, ocurren los siguientes procesamientos:

-Codificador de Canal: incluye de manera sistemática y controlada, información redundante en la trama de transporte con el objetivo de darle robustez al sistema de transmisión, al viabilizar en la recepción la corrección de errores introducidos por los factores agresores presentes en el canal de transmisión.

-Modulador Digital: procesa la señal codificada para que sea posible su transmisión en RF, con una ocupación espectral limitada y con robustez ante adversidades del canal de transmisión.

-Up-converter: realiza la conversión de subida de la señal modulada a una frecuencia intermedia (FI) para el canal de RF deseado en la banda de VHF/UHF.

-Amplificador de potencia: acondiciona la señal al nivel de potencia requerido para cubrir el área de interés de la emisora. La operación del amplificador debe ser lo más lineal posible para evitar distorsiones armónicas y por intermodulación, y mantener la ocupación espectral de la señal restringida a la banda del canal, minimizando interferencia en los canales adyacentes.

En la recepción del lado del Terminal de Acceso ocurren los siguientes procesos [18].

Sintonizador: similar al utilizado en los receptores analógicos y tiene como función recibir la señal de RF captada por la antena receptora realizando los siguientes procesamientos:

- Amplificación de bajo ruido.
- Conversión de la señal recibida.
- Control de Ganancia.
- Filtrado y amplificación de señal.

Demodulador Digital: recupera la trama de transporte a partir de la señal en FI disponible en su entrada.

Decodificador y estimador de canal: son responsables respectivamente de retirar la información redundante y corregir errores introducidos en el canal, y estimar el comportamiento del canal de transmisión compensando las distorsiones presentes en el canal.

### **2.4.3 Ventajas de la Norma SBTVD**

- No tiene problemas frente al ruido impulsivo, ya que está especialmente diseñada para enfrentar este problema. Puede por tanto, transmitirse en cualquier banda de TV. Es la norma que más fácilmente se puede captar con las antenas y bajantes existentes.
- No tiene necesidad de reducir su carga útil para enfrentar al ruido. Puede por tanto, aprovechar mejor el espectro disponible.
- En MPEG2 puede transmitir con calidad 3 programas de definición estándar o uno de Alta Definición por un canal de 6 MHz, o el doble (como mínimo) si utiliza la compresión MPEG4.
- Es buena en la movilidad, tiene implementada una solución para enviarle señal de televisión a los teléfonos celulares. Las otras normas necesitan instalar transmisores adicionales para poder enviarle señales de Televisión a los celulares.
- Sus cajas y televisores captan la Alta Definición y la proyectan sobre un Televisor de Definición Estándar, igual a como lo hace la norma ATSC.
- El que adopte esta norma no necesita enfrentar una doble transición.

#### **2.4.4 Desventajas de la Norma SBTVD**

- Es una norma compleja; debido a ello, sus cajas decodificadoras son las más caras. Su economía de escala todavía no llega a ser la que ha alcanzado la norma ATSC.
- Esta norma también permite adaptar sus parámetros técnicos según el lugar, tal cual lo puede hacer la norma europea, pero no permite fabricar cajas ni televisores que sólo capten la Definición Estándar ni tampoco permite cambiar la compresión de MPEG2 a MPEG4 después de la elección de una variante. Por ello, es una norma cerrada. Una vez adoptada, hay que seguir lo reglamentado en ella.

### **2.5 El Estándar de Televisión Digital DTMB**

Los estudios sobre la televisión digital comienzan en el año 1994 y después de 12 años de pruebas de laboratorio y de campo, el 18 de Agosto de 2006, la Administración de Normalización Nacional China, publicó —La Estructura de Trama, Codificación de Canal y Modulación para un Sistema de Radiodifusión Terrestre de Televisión Digital (Framing Structure, Channel Coding and Modulation for Digital Television Terrestrial Broadcasting System)[10]. La ejecución de éste como estándar nacional en China fue obligatoria a partir del 1ro de Agosto de 2007[10].

#### **2.5.1 Características del sistema**

Este estándar define la estructura de trama, codificación de canal y modulación para la radiodifusión de televisión digital terrestre en las bandas de VHF y UHF con 8 MHz de ancho de banda.

Contiene variadas combinaciones como son, la modulación con portadora única ( $C=1$ ) y multiportadora ( $C=3789$ ), tres opciones de cabecera, tres razones de codificación FEC, cinco opciones para el mapeado de la constelación, dos profundidades de entrelazado y secuencia PN fija o rotatoria como encabezado de trama [17].

Las piezas claves en este estándar son:

-El uso de una secuencia PN (Pseudo-random Noise / Ruido Pseudo-Aleatorio) en el dominio del tiempo en la cabecera de trama para rápida sincronización y alta eficiencia en la estimación y ecualización del canal.

-El uso del código LDPC (Low Density Parity Check / Chequeo de Paridad de Baja Densidad) para la codificación FEC.

-La protección de la Información de Sistema haciendo uso de la tecnología de espectro esparcido.

La norma DTMB puede soportar razones de bits en la transmisión de carga útil de 4.813 Mbps a 32.486 Mbps, y permite la transmisión de programas de SDTV y HDTV, recepción móvil y fija, y la implementación tanto en redes MFN (Multiple Frequency Network) como RFU. DTMB basa su codificación fuente en MPEG-2 Audio y Video, pero puede aceptar flujos codificados en MPEG4 AVC/H.264 y además flujos codificados bajo la norma china AVS (Audio Video Coding Standard) que tiene un desempeño similar a AVC en cuanto a la codificación de video [17].

A continuación se estudiarán las partes que constituyen el sistema DTMB.

### **2.5.2 Diagrama del Sistema**

El sistema DTTB es usado para convertir el flujo de entrada en la señal RF de salida. El siguiente procesamiento será el aplicado al flujo binario de entrada:

- Scrambler o Aleatorizador
- FEC (Forward Error Correction)
- Mapeado de la Constelación.
- Entrelazado
- Multiplex del bloque básico de datos y la información de sistema.
- Combinación del cuerpo de la trama con la cabecera en la Trama de Señal.

Después de este procesamiento en banda base, el flujo binario de entrada se convertirá a la señal RF en 8 MHz de las bandas de UHF o VHF.

El diagrama de transmisión del sistema se muestra en la Figura 8.

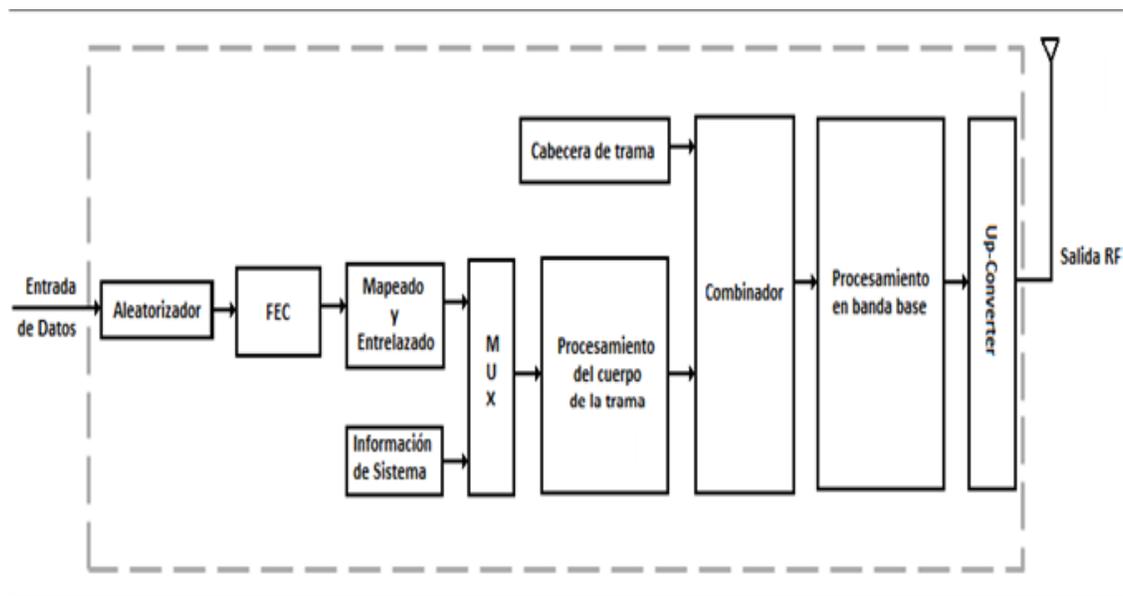


Figura 8. Diagrama de transmisión del sistema

### 2.5.3 Interfaz de entrada

La interfaz de datos de entrada se encuentra de acuerdo con el estándar GB/T 17975.1. Este estándar es equivalente a la norma ISO/IEC 13818-1 que define el sistema y el flujo de transporte MPEG-2 y que es común a todas las normas ya estudiadas [17].

### 2.5.4 Codificación de canal y modulación

#### 2.5.4.1 Aleatorizador

Con el objetivo de asegurar una adecuada transición binaria, los datos multiplexados de entrada MPEG-2 serán aleatorizados de acuerdo con el esquema de la Figura 9.

El estado inicial del registro de desplazamiento con realimentación lineal (LFSR) es: "100101010000000". El primer bit a la salida del generador PRBS será aplicado al primer bit (MSB) del primer byte de entrada mediante una operación XOR para aleatorizar los datos. Este proceso será llevado a su estado inicial al comienzo de cada trama de señal [17].

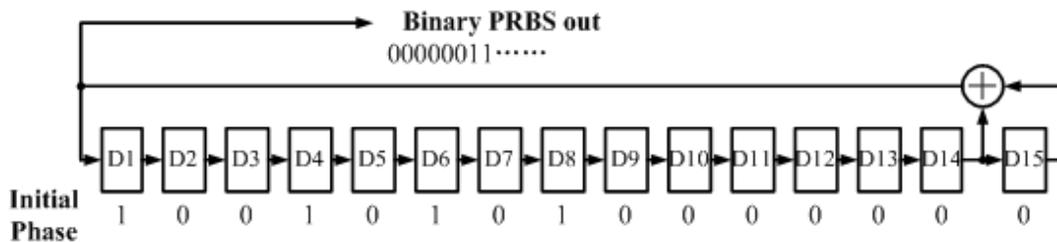


Figura 9. Diagrama esquemático del proceso de aleatorización.

#### 2.5.4.2 FEC

FEC tiene lugar después que se aleatoriza el flujo de datos de entrada. Es realizado mediante la concatenación del codificador BCH (código Bose-Chaudhuri-Hocquenghem) exterior y el codificador LDPC (Low Density Parity Check) interior.

El código BCH (762-752) es derivado del BCH (1023-1013). Se adicionan 261 bits de valor 0 delante de 752 bits de información para obtener 1013. Después de la codificación BCH (1023-1013), quedan contruidos 1023 bits. Perforando los primeros 261 bits de valor 0, quedarán 762 bits codificados.

Los tres códigos FEC utilizan el mismo codificador BCH y son contruidos de la siguiente manera:

a) Código de Razón 0.4 (7488, 3008):

Cuatro códigos BCH (762,752) son concatenados para formar la entrada al codificador LDPC (7493,3048), los cinco primeros bits de chequeo de paridad del código LDPC (7493,3048) son perforados para reducir la longitud del código LDPC a 7488.

b) Código de Razón 0.6 (7488, 4512):

Seis códigos BCH (762, 752) son concatenados para formar la entrada al codificador LDPC (7493,4572), los cinco primeros bits de chequeo de paridad del código LDPC (7493,4572) son entonces perforados para reducir la longitud del código LDPC a 7488.

c) Código de Razón 0.8 (7488, 6016):

Ocho códigos BCH (762, 752) son concatenados para formar la entrada al codificador LDPC (7493,6096), los cinco primeros bits de chequeo de paridad del código LDPC (7493,6096) son entonces perforados para reducir la longitud del código LDPC a 7488 [17].

### **2.5.5 Descripción de la estructura de tramas.**

Es una estructura jerárquica de 4 capas. La capa más baja se denomina Trama de Señal. Esta consiste de dos partes, la cabecera de trama y el cuerpo de la trama. La razón de símbolos para ambas es la misma 7.56 Msps. La cabecera de trama usa una secuencia PN con tres opciones para su longitud. Esta cabecera es modulada con una constelación BPSK. El cuerpo de la trama consiste en 36 símbolos de información de sistema y 3744 símbolos de datos, en total 3780. La duración del cuerpo de la trama es de 500 $\mu$ s (3780\*1/7.56 $\mu$ s). La Súper Trama se define como el grupo de Tramas de Señal. La Trama Minuto se define como un grupo de Súper Tramas. La capa superior se denomina Trama de Día de Calendario (CDF, Calendar Day Frame). El canal físico es periódico y se encuentra sincronizado con el tiempo absoluto.

#### **2.5.5.1 Información de Sistema**

La información de sistema es usada para proveer la necesaria información para la demodulación y decodificación e incluye los tipos de constelación, razones de codificación LDPC, modo de entrelazado e información del cuerpo de la trama. En total hay 64 modos representados por 6 bits (s5s4s3s2s1s0 con s5 como MSB) y son transmitidos usando la tecnología de espectro esparcido. Los últimos 4 bits (s3s2s1s0) definen la constelación y la razón de codificación FEC. El bit s4: define el modo de entrelazado. El bit s5: reservado, los 6 bits de información se convierten a un vector de información de 32 bits mediante el uso de espectro esparcido. Para esta conversión se utiliza una secuencia Walsh de longitud 32 y una PRBS de longitud 32. Posteriormente se mapean los 32 bits en una constelación 4QAM. Después del mapeado 4

símbolos son añadidos delante de los 32 símbolos complejos. Para estos 4 símbolos, 0000 indica que el cuerpo de la trama usa el modo C=1, mientras que el resto indica C=3780.

### **2.5.5.2 Símbolos de Datos**

Su longitud en la trama es de 3744 nQAM símbolos y es la salida del entrelazado en el tiempo.

### **2.5.6 Procesamiento de datos del cuerpo de la trama.**

El cuerpo de la trama está formado por la multiplexación de 3744 símbolos de datos y 36 símbolos de información de sistema. Consiste en C portadoras, ocupando un ancho de banda de 7.56 MHz. El cuerpo de la trama tendrá siempre un período fijo de 500µs.

C tiene dos modos: C=1 y C=3780 que indican operación en modo portadora simple o multiportadora.

### **2.5.7 Características del Espectro**

#### **2.5.7.1 Máscara del espectro fuera de banda**

El espectro fuera del ancho de banda nominal se reduce con un filtrado. Las máscaras cubren la protección mínima necesaria para la televisión analógica donde los transmisores analógicos y digitales se encuentran en el mismo sitio y son aplicables en casos donde:

- No se utiliza discriminación de polarización entre la televisión analógica y digital.
- La potencia radiada desde ambos transmisores es la misma (Potencia de cresta de sincronía analógica igual a la potencia total del transmisor de televisión digital, definiéndose esta como la potencia de cresta del mismo).

Si las potencias radiadas no son idénticas puede aplicarse una corrección proporcional de la siguiente forma:

Corrección = PIRE analógica mínima - PIRE digital máxima.

### 2.5.8 Variante de 6 MHz que pudiera utilizarse en Cuba

Compatibilidad con el sistema de 8 MHz: En el sistema de 6 MHz se utiliza el mismo diagrama de transmisión y recepción utilizado para 8 MHz. Por otra parte, son compatibles la estructura de tramas, sincronización, modulación, estimación del canal y el FEC. En este sentido solo cambia la duración de la trama de señal.

Diferencias con el sistema de 8 MHz: La razón de símbolos pasa de 7.56 a 5.67 Mbps, produciéndose una reducción de la carga útil a transmitir. La máscara de espectro, el ancho de banda, la carga útil y razón de datos de la codificación fuente se ajustan a la razón de 3/4.

Pasos necesarios para ajustar el sistema a la canalización de 6 MHz:

- Nuevos cristales para ajustar el reloj del sistema.
- Nuevo filtro de sistema para 6 MHz.
- Desarrollo de equipamiento de prueba para DTMB/6MHz

### 2.5.9 Características generales de DTMB

- Una característica de la norma DTMB es el uso de una secuencia PN en el dominio del tiempo como cabecera de trama. Esta cabecera no solo será utilizada para la sincronización y estimación del canal sino que además cumplirá funciones de intervalo de guarda. Independientemente de su longitud, características cíclicas y potencia a la que se transmite, la cabecera estará siempre modulada en el dominio del tiempo con mapeado BPSK. Esta característica le permite a DTMB poder transmitir en el modo portadora única ( $C=1$ ) o en el modo multiportadora ( $C=3870$ ).
- El procesamiento híbrido, de la cabecera en el dominio del tiempo (para la sincronización y estimación del canal) y del cuerpo de la trama en el dominio de la frecuencia, da nombre al tipo de modulación multiportadora utilizada, TDS-OFDM (Time Domain Synchronous-Orthogonal Frequency Division Multiplexing).
- Si se compara con la modulación COFDM que utiliza DVB-T puede notarse que este necesita transmitir en un símbolo OFDM una determinada cantidad de portadoras pilotos, continuas o

dispersas, en dependencia del modo de transmisión 2k u 8k, que disminuyen la carga útil que el sistema puede transmitir. Por otro lado se utiliza un intervalo de guarda que es extensión cíclica del símbolo OFDM. DTMB en cambio aprovecha ese intervalo de guarda para utilizarlo como cabecera de trama y transmitir la secuencia PN, lo que permite una rápida sincronización al realizarse la estimación de canal en el dominio del tiempo en el receptor. En DVB-T es necesario esperar que toda la información se lleve al dominio de la frecuencia mediante la FFT. Esta diferencia le permite a DTMB una reducción de alrededor de 95ms en la sincronización. Además se hace un uso más eficiente del espectro al no tener que transmitirse portadoras pilotos.

- Como en la norma no se define la tecnología para el procesamiento de la señal en el receptor, se utiliza también la ecualización adaptativa con algoritmos LMS (Least Mean Squares) para la sincronización y estimación del canal [12].
- El modo de operación de una portadora (C=1) ha sido menos difundido e incluso existe poca información en el estándar, sin embargo se conoce que se pueden realizar configuraciones que pudieran resultar interesantes, como por ejemplo PN595+C1 que utiliza la opción 2 de cabecera de trama para transmitir con portadora única. En esta opción todas las cabeceras de tramas utilizan la misma secuencia PN. Si a esto se le añade la posibilidad de utilizar dos tonos pilotos, el sistema resultante posibilita una efectiva y rápida sincronización y ecualización del canal lo que permite su utilización en entornos de alta movilidad [12].
- Los dos tonos pilotos ayudan a la recuperación de la portadora. En ATSC existe un solo tono piloto que puede ser destruido en determinados entornos multitrayecto. Sin embargo, la probabilidad de que los dos tonos sean simultáneamente destruidos es muy pequeña. Este modo de operación fue probado con éxito para la recepción móvil en un tren de elevación magnética a una velocidad record de 430 km/h [13].
- Otra característica que introduce DTMB es en cuanto al tratamiento de la información de sistema. DVB-T utiliza las portadoras TPS para transmitir esta clase de información y se utilizan 68 de ellas dentro de un mismo símbolo OFDM con el mismo valor binario. Para transmitir un paquete TPS que costa de 68 bits se necesitan 68 símbolos OFDM (una trama en OFDM). DTMB transmite 6 bits de información de sistema dentro de 36 símbolos que están protegidos con el uso de espectro esparcido a través de una secuencia Walsh y una PRBS.

- DTMB modifica la codificación FEC propuesta por las normas anteriores. DTMB propone una codificación más eficiente con el uso del LDPC como codificación interna con tres razones de codificación. LDPC al igual que otros códigos de corrección de errores no garantizan una perfecta transmisión pero si disminuye la probabilidad de perder información. LDPC permite razones de transmisión de datos cercanas al teórico Límite de Shannon. Es en teoría uno de los más efectivo en la actualidad [14]. La codificación BCH+LDPC de DTMB es la que se propone utilizar la segunda versión de la norma DVB-T (DVB-T2) [15].

### **2.5.10 Ventajas de la Norma DTMB**

- China tiene el mayor mercado de televisión, con más de 400 millones de televisores a color, tiene la mayor cantidad de usuarios de este servicio y por tanto tiene un enorme potencial en el campo de la televisión digital.
- La norma es capaz de transmitir una señal con calidad aceptable a un receptor HDTV que se mueva a una velocidad de 200KM/h, esta norma soporta servicios de televisión digital móvil, este servicio está ausente en las normas de TV digital Europea y de América. En adición a esto el radio de cobertura de la señal en esta norma es de 10KM más que en la implementación europea (DVB-T).
- Otra ventaja que introduce DTMB es en cuanto al tratamiento de la información de sistema. DVB-T utiliza las portadoras TPS para transmitir esta clase de información y se utilizan 68 de ellas dentro de un mismo símbolo OFDM con el mismo valor binario. Para transmitir un paquete TPS que consta de 68 bits se necesitan 68 símbolos OFDM (una trama en OFDM).
- Otra de las ventajas, es que el tipo de radiodifusión que utiliza es red de frecuencia única donde distintos transmisores emiten la misma señal en el mismo canal de frecuencias. Lo que posibilita conseguir un mejor provecho del espectro en las bandas de televisión en comparación con las que se usan en televisión analógica, que era con red de frecuencia múltiple, así como menor potencia de transmisión debido a la ganancia interna, alta probabilidad de localización y facilidad de ofrecer cobertura a las zonas de sombra con la reutilización de frecuencias.

- La norma china ha tenido en cuenta todo lo bueno de las tres normas que le antecedieron, y ha hecho énfasis en eliminar los puntos débiles de cada una de ellas. Cuando se estudia teóricamente sorprenden las bondades técnicas que tiene esta norma.
- Esta norma tiene más cobertura que las demás, tiene más carga útil que la europea y la japonesa, y tanta como la del ATSC. Tiene más resistencia al ruido impulsivo que las normas ATSC y DVB-T y es casi tan buena en este aspecto como la norma japonesa ISDB-T. Esta norma es la única que puede transmitir 4 programas en un canal de 6 MHz en vez de tres, manteniendo una buena robustez. Todo esto lo consigue sin que sea excesivamente compleja.
- Es la norma que más fácilmente puede crear redes de frecuencia únicas. Se puede irradiar en cualquier banda de TV. No tiene requerimientos especiales para las antenas receptoras.
- Además de las variantes posibles, tiene dos formas de modulación completamente diferentes, que comparten en todo lo posible parámetros comunes. Una forma sigue la escuela de diseño europea y japonesa y la otra sigue la escuela de diseño norteamericana. La forma norteamericana no se ha probado internacionalmente, está en uso solamente en Shanghái, pero dice tener todas las bondades del ATSC, (incluida su propiedad de ahorro de energía) sin los problemas que tiene el ATSC.
- Desde el punto de vista técnico, la norma china es la más completa de las que hoy existen en explotación.

### **2.5.11 Desventajas de la Norma DTMB**

La principal desventaja que tiene esta norma para ser utilizada en nuestro país es precisamente el poco conocimiento que se tiene de la misma dada su reciente aparición y la insuficiente documentación técnica disponible.

## **2.6 El Estándar de Televisión Digital DVB-T2**

Desarrollada en Europa, esta norma es tan reciente (Junio del 2008) que todavía no se ha implementado en ningún país. Inglaterra ya ha anunciado que la adoptará en cuanto esté disponible. No se han realizado

pruebas internacionales con ella. Muchos la ven como una mejora de la norma DVB-T, pero no guarda compatibilidad con ella, por lo que en realidad es una norma completamente nueva.

Desde el punto de vista teórico, esta norma es más extraordinaria y sorprendente que la norma china. Esta norma se acerca a lo máximo que la teoría dice que es posible obtener con un sistema digital de transmisión de televisión. Esta norma tiene soluciones técnicas avanzadas, en algunos aspectos similares a los de la norma china.

La ventaja fundamental que esta norma dice tener es la cantidad de carga útil que puede transmitir por un canal de 6 o de 8 MHz, que es mucho más alta que las que son posibles con otras normas. Si esto se confirma, y no aparecen debilidades, esta norma pudiera fácilmente aumentar en un 30% los programas que hoy se pueden irradiar con un solo transmisor.

Por ello, en teoría, los 6 programas que se pueden transmitir con calidad con la compresión MPEG4 usando un transmisor de 6 MHz, pudieran ser 8 con esta norma. Esto lógicamente disminuye los costos.

Recordemos que un transmisor de TV Digital no necesariamente tiene que transmitir televisión. También puede transmitir emisoras de radio, datos en general, y todas estas posibilidades se hacen más viables mientras más carga útil se pueda irradiar.

Esta norma es una norma cerrada. Funciona con la compresión MPEG4, y siempre capta la Alta Definición, tal cual sucede con la norma ATSC y la ISDB-T.

No debe tener problemas con el ruido impulsivo, aunque puede suceder que para recibirla con seguridad, se requiera de antenas más elaboradas que las que hoy tiene la mayoría de la gente.

El país interesado en adoptar esta norma tiene que esperar a que esté disponible internacionalmente. La organización europea recomienda a los países considerar esta norma sólo si ya efectuaron el apagón analógico.

## **2.7 Conclusiones**

Resumen comparativo de las normas actualmente en explotación

|   |   | Mejor <<<----->>> Peor     |         |               |              |
|---|---|----------------------------|---------|---------------|--------------|
|   | Aspecto   | 1                          | 2       | 3             | 4            |
| A | Robustez frente al ruido impulsivo  | ISDB-T                     | DTMB-TH | ATSC          | DVB-T        |
| B | Robustez frente al multitrayecto  | ISDB-T<br>DTMB-TH<br>DVB-T |         |               | ATSC         |
| C | Movilidad captando las señales dirigidas a la recepción fija                            | DTMB-TH                    | ISDB-T  | DVB-T         | ATSC         |
| D | Movilidad captando las señales dirigidas a la recepción celular                         | ISDB-T                     | DTMB-TH | DVB-T /H      | ATSC<br>MP/H |
| E | Facilidad para ser captada con los bajantes y antenas que tiene la población            | ISDB-T                     | DTMB-TH | ATSC<br>DVB-T |              |
| F | Carga Util manteniendo robustez ante ruido y ante multitrayecto simultáneamente         | DTMB-TH                    | ISDB-T  | ATSC          | DVB-T        |
| G | 1 programa de Alta Definición con buena calidad en 6 MHz manteniendo robustez con MPEG2 | DTMB-TH                    | ISDB-T  | ATSC          | DVB-T        |
| H | % de personas que captan las señales en   | DTMB-TH                    | ISDB-T  | DVB-T         | ATSC         |

|          |   |                                 |                               |                |                |
|----------|---|---------------------------------|-------------------------------|----------------|----------------|
|          | <b>un entorno rodeado de edificios en condiciones reales (ruido, multitrayecto, desvanecimientos, etc)</b>    |                                 |                               |                |                |
| <b>I</b> | <b>Facilidad para crear redes de frecuencia única</b>   | <b>DTMB-TH</b>                  | <b>ISDB-T</b><br><b>DVB-T</b> | <b>ATSC</b>    |                |
| <b>J</b> | <b>Eficiencia energética</b>  | <b>ATSC</b>                     | <b>DTMB-TH</b>                | <b>ISDB-T</b>  | <b>DVB-T</b>   |
| <b>K</b> | <b>Cobertura</b>  | <b>DTMB-TH</b>                  | <b>ISDB-T</b>                 | <b>ATSC</b>    | <b>DVB-T</b>   |
| <b>L</b> | <b>Menos Complejidad técnica</b>  | <b>ATSC</b>                     | <b>DVB-T</b>                  | <b>DTMB-TH</b> | <b>ISDB-T</b>  |
| <b>M</b> | <b>Economía de escala de receptores (año 2009)</b>  | <b>ATSC</b>                     | <b>DVB-T</b>                  | <b>ISDB-T</b>  | <b>DTMB-TH</b> |
| <b>N</b> | <b>Diversidad de fabricantes de equipamiento (en varios países)</b>   | <b>ATSC</b>                     | <b>DVB-T</b>                  | <b>DTMB-TH</b> | <b>ISDB-T</b>  |
| <b>O</b> | <b>Posibilidad de adaptar el middleware de la norma con soluciones de software cubanas con el menor costo</b> | <b>DTMB-TH</b><br><b>ISDB-T</b> | <b>DVB-T</b>                  |                | <b>ATSC</b>    |

Como se puede apreciar todas las normas son utilizables desde el punto de vista técnico. De acuerdo a lo expuesto se puede decir que resulta inadecuado llegar a una elección basándose solamente en este aspecto ya que los distintos estándares presentan diferentes enfoques. La elección final de la norma debe estar fundamentada en cuán bien esta puede manejar los requerimientos particulares y prioridades del país que van más allá del análisis técnico, como son los factores geográficos, económicos y el aspecto de orden político el cual engloba, seguridad nacional, facilidades de pago y dependencias tecnológicas con el país con el cual se integre.

## **Capítulo 3**

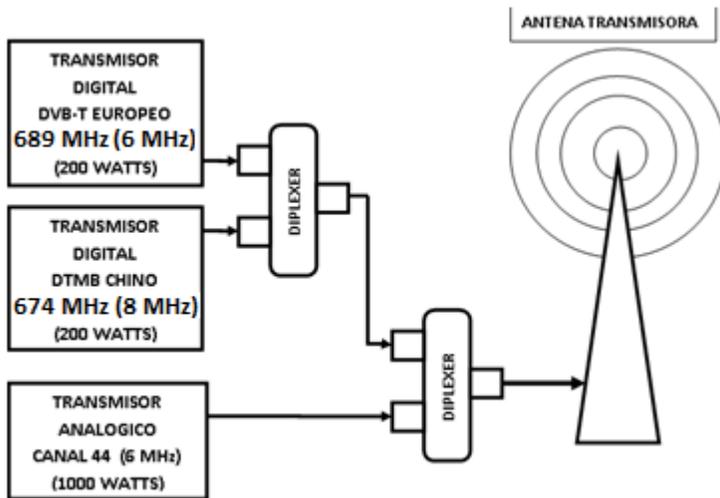
### **3.1 Introducción**

En este capítulo se muestra la fundamentación del porqué adoptar la norma DTMB en Cuba. Se hace un cotejo sobre los aspectos económicos y políticos de Cuba, las relaciones con la República Popular de China y la repercusión de adoptar la norma considerando dichos elementos. Se brinda además un análisis de pruebas realizadas al estándar DTMB en el país.

### **3.2 Pruebas realizadas en Cuba a la norma China DTMB**

Las pruebas fueron realizadas en el Hotel Habana Libre, allí se instaló un transmisor del estándar Chino, junto con un transmisor de la norma europea DVB-T el cual ya se encontraba. Para llevar a cabo las pruebas se prepararon 4 autos que se distribuyeron por varios puntos de Ciudad de la Habana los cuales fueron decisión de la empresa RadioCuba. Estos lugares de prueba fueron ubicados a diferentes distancias del transmisor del Habana Libre (cercanas, medianas y lejanas). En cada ubicación se valoró el desempeño de ambas normas según el protocolo de pruebas elaborado por los miembros de la comisión técnica, pertenecientes a las empresas RadioCuba, Industria Electrónica y Copextel. En cada vehículo hubo participación de la parte China.

A continuación se muestra el esquema de transmisión.



Como se puede apreciar mediante el uso de diplexers se irradian por una sola antena las señales de tres transmisores.

El Transmisor Digital DTMB trabajo a una frecuencia de 674 MHz y un ancho de banda de 8 MHz, que coincide con el Canal 48. El DVB-T a 689 MHz y ancho de banda de 6 MHz, que coincide con el Canal 50 y el transmisor analógico a 651.5 MHz y ancho de banda de 6 MHz correspondiente al Canal Educativo 2. En el momento de realizar las pruebas la parte china no contaba con un transmisor de 6 MHz por lo que las pruebas no pudieron efectuarse en las mismas condiciones.

### 3.2.1 Equipamiento utilizado en las pruebas

Cada Auto de Prueba contó con las cajas decodificadoras pertenecientes a cada norma. Se ubicaron dos televisores marca ATEC-HAIER de 21 pulgadas por auto, uno para cada estándar y la antena Yagi fue la utilizada. La cual se muestra en la figura 10.



**Figura 10. Antena Yagi.**

La Empresa Copextel fue la encargada de proveer la caja decodificadora del estándar Europeo, y la caja decodificadora correspondiente al estándar Chino fue suministrada por ellos, la siguiente se muestra en la figura 11.



**Figura 11. Caja decodificadora de la norma China.**

### **3.2.2 Mediciones Realizadas**

Los puntos asignados se tomaron a partir de radiales respecto al punto de transmisión (Hotel Habana Libre) y abarcan distancias cercanas, medias y lejanas. En cada punto, se desplegaba una antena a una altura de 3 metros sobre el nivel del suelo. Si existía bajo nivel de señal o aparecía alguna otra dificultad,

se volvía a medir a una altura superior, de 4 o de 5 metros. Se sintonizaba el canal 44, y se anotaba su calidad de imagen en una escala del 1 al 5.

Posteriormente se medían los niveles de señal de los canales digitales, y luego se agregaba atenuación hasta ver cuál de los canales digitales dejaba de verse primero. Si en un punto, por ejemplo, el canal europeo se dejaba de ver con 4 dB de atenuación y el chino con 3 dB, eso quiere decir que en ese punto con esas condiciones de antena, lugar, etc. el canal europeo tiene más reserva (1 dB) que el canal chino. Al medir en muchos puntos, es posible saber como promedio cuál norma se comporta mejor, o lo que es lo mismo, cuál tiene más reserva antes de dejarse de ver. Mientras más puntos se midan, más representativa es la evaluación. Se considera que 80 puntos son suficientes para considerar válida una evaluación.

### 3.3 Resultados de las pruebas realizadas

A partir de los resultados de las mediciones el Presidente Comisión Técnica de la TV digital Ing. Manuel Barreras elaboró un informe denominado ``INFORME SOBRE LAS PRUEBAS PRELIMINARES DE LA TV DIGITAL EFECTUADAS EN DICIEMBRE DEL 2007 EN LA CIUDAD DE LA HABANA´´[16]. De dicho informe se extrajeron las tablas que aparecen a continuación con el objetivo de ser analizadas.

Se tomaron muestras en 90 puntos, pero en 7 de ellos no existía nivel suficiente para captar las señales. Por tanto, los puntos válidos son 83, número que se toma como referencia para sacar los por cientos respectivos. (83 equivale al 100% de los puntos válidos).

Tabla 3.1 Calidad de la Imagen Digital

| PUNTOS CON SEÑAL<br>SUFICIENTE: 83 (100%) | Calidad de Imagen |           |           |
|---|-------------------|-----------|-----------|
|   | No se ve          | Pixelando | Excelente |
| DVB-T (EUROPEA)                           | 2                 | 2         | 79        |
| DTMB (CHINA)                              | 0                 | 2         | 81        |

De los 83 puntos las señales en 2 estaban en el umbral de recepción y ambas normas pixelaban sin que se agregara atenuación. En 2 de los 81 puntos con recepción excelente no fue posible ver la norma europea, supuestamente por la existencia de un transmisor analógico en el canal 49 (zona de Guanabo) que le hace interferencia. La norma china se vio en todos los puntos válidos.

**Tabla 3.2 Resultados generales de las atenuaciones en cada punto de cada sistema.**

|               | <b>Europeo Mejor</b> | <b>Chino Mejor</b> | <b>Empate</b> | <b>TOTAL</b> |
|---------------|----------------------|--------------------|---------------|--------------|
| <b>PUNTOS</b> | 13                   | 41                 | 29            | 83           |
| <b>%</b>      | 16%                  | 49%                | 35%           | 100%         |

Como se muestra en la Tabla 3.2 la norma china soportó más atenuación que la europea en el 49% de los puntos de medición, aproximadamente el triple.

**Tabla 3.3. Resultados de las atenuaciones de cada sistema en condiciones de multitrayecto y en condiciones de ambiente despejado, sin obstáculos cercanos.**

| <b>PUNTOS</b>                 | <b>Europeo Mejor</b> | <b>Chino Mejor</b> | <b>Empate</b> | <b>TOTAL</b> |
|-------------------------------|----------------------|--------------------|---------------|--------------|
| <b>CON MULTITRAYECTO</b>      | 13                   | 31                 | 20            | 64           |
| <b>CON AMBIENTE DESPEJADO</b> | 0                    | 10                 | 9             | 19           |
| <b>TOTAL</b>                  | <b>13</b>            | <b>41</b>          | <b>29</b>     | <b>83</b>    |

Se considera que existe visibilidad directa cuando el 65% de la Primera Zona de Fresnel está liberada en toda la trayectoria, parámetro principal para considerar ambiente despejado. En ninguno de los casos en que había ambiente despejado la norma europea resistió mayor atenuación que la china.

**Tabla 3.4. Resultados de las atenuaciones de cada sistema con la antena a 3 metros, 4 metros y 5 metros.**

| <b>ALTURA DE LA ANTENA</b> | <b>Europeo Mejor</b> | <b>Chino Mejor</b> | <b>Empate</b> | <b>TOTAL</b> |
|----------------------------|----------------------|--------------------|---------------|--------------|
| <b>3 metros</b>            | 9                    | 27                 | 22            | 58           |
| <b>4 metros</b>            | 3                    | 4                  | 4             | 11           |
| <b>5 metros</b>            | 1                    | 10                 | 3             | 14           |
| <b>TOTAL</b>               | 13                   | 41                 | 29            | 83           |

Con la antena en su posición normal (3 metros) la norma china superó a la europea el triple de las veces y en los casos en que fue necesario aumentar la altura de la antena, DTMB también fue superior, destacándose a 5 metros.

**Tabla 3.5. Resultados de las atenuaciones de cada sistema en lugares cercanos (0 a 5 km), medios (5 a 15 km) y lejanos (más de 15 km).**

| <b>DISTANCIA EN KM</b>   | <b>Europeo Mejor</b> | <b>Chino Mejor</b> | <b>Empate</b> | <b>TOTAL</b> |
|--------------------------|----------------------|--------------------|---------------|--------------|
| <b>0 hasta 5</b>         | 2                    | 9                  | 6             | 17           |
| <b>Más de 5 hasta 15</b> | 9                    | 11                 | 11            | 31           |

|                  |    |    |    |    |
|------------------|----|----|----|----|
| <b>Más de 15</b> | 0  | 9  | 2  | 11 |
| <b>TOTAL</b>     | 11 | 29 | 19 | 59 |

El total de puntos en este caso es de 59 y no 83, debido a que en 24 no se disponía de la distancia al transmisor. A más de 15 km la norma europea nunca superó a la china.

**Tabla 3.6 Ventaja Relativa de cada Norma.**

|                          | <b>1<br/>dB</b> | <b>2<br/>dB</b> | <b>3<br/>dB</b> | <b>4<br/>dB</b> | <b>5<br/>dB</b> | <b>6<br/>dB</b> | <b>7<br/>dB</b> | <b>8<br/>dB</b> | <b>9<br/>dB</b> | <b>10<br/>dB</b> |
|--------------------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|------------------|
| <b>Europeo<br/>mejor</b> | 5               | 6               | 1               | 0               | 0               | 1               | 0               | 0               | 0               | 0                |
| <b>Chino<br/>mejor</b>   | 18              | 11              | 4               | 0               | 0               | 0               | 1               | 1               | 4               | 2                |
| <b>TOTAL</b>             | 23              | 17              | 5               | 0               | 0               | 1               | 1               | 1               | 4               | 2                |

La Tabla 3.6 expresa la magnitud de la ventaja de una norma respecto a la otra. La norma china tiene 12 puntos con 3 dB de ventaja o más, mientras que la norma europea tiene dos puntos en esa categoría. La media geométrica de los valores de la tabla anterior es de 2,0 dB para la norma europea y de 3,0 dB para la norma china. Esto quiere decir que la norma china superó a la europea no solamente por el número de puntos ventajosos (41 contra 13) sino también por la magnitud de esa ventaja, que es 1 dB mayor como promedio.

### **3.4 Análisis de las pruebas**

Antes de realizar un análisis, se esclarece el hecho de que las pruebas se hicieron con el objetivo de comparar ambas normas. Se tiene como inconveniente que estos análisis no fueron posibles hacerse en

las mismas condiciones: en el momento de realizarse la comparación la parte china no contaba con un transmisor de 6 MHz, otra dificultad presentada durante las pruebas fue el hecho de no contar con el equipo de medición adecuado, siendo imposible que aspectos tan importantes como: la relación portadora- ruido (C/N), razón de bit erróneo (BER) y la razón de error de modulación (MER), no pudieran ser medidos.

Ambos transmisores radiaron con igual potencia y se utilizó una sola antena para transmitir y una sola para recibir, aunque se debe tener en cuenta para próximas pruebas que la antena receptora deberá tener mayor ganancia.

A pesar de las dificultades presentadas debido a que prácticamente Cuba acaba de insertarse en la Televisión Digital este estudio ha sido de gran valía ya que aumento los conocimientos técnicos con respecto a esta tecnología. Estos análisis contribuyeron en gran medida, ya que permitieron evaluar por primera vez en la práctica a la norma China la cual era desconocida y solo se tenía referencia de la misma por medio de la bibliografía disponible. Los análisis fueron de utilidad para poder detectar los puntos bajos del equipo de medición utilizado.

### **3.5 Aspecto Económico**

El aspecto económico es un elemento decisivo a la hora de adoptar un estándar de Televisión Digital. En el momento de realizar este trabajo el país no ha tomado aún la decisión de cual norma será la utilizada en el Territorio Nacional. En caso que la Norma China sea finalmente la adoptada Cuba estaría en una posición ventajosa debido a las excelentes relaciones comerciales entre ambas partes.

A continuación se dará un aproximado del costo de la inversión inicial:

Partiendo del hecho que en Cuba la corriente eléctrica llega al 95% del territorio y a ese mismo porcentaje le debe llegar la señal de televisión digital. Teniendo en cuenta que existen cerca de 3 millones de hogares y todas las instituciones educacionales del país cuentan como mínimo con un televisor, al hacer el cambio de tecnología la inversión en cajas decodificadoras (set top box) para poder transformar la señal y conservar el TV analógico debe ser aproximadamente de 90 millones de dólares partiendo que el precio de estos oscila entre 30 y 50 dólares. Otra opción sería la adquisición de televisores Híbridos, los cuales

tienen la capacidad de transmitir tanto televisión analógica como digital. Se deben instalar además transmisores digitales en diversos puntos del país, cada transmisor tiene un precio de 250 000 dólares y se estima que debemos de contar con 100 transmisores, por lo que el gasto en ellos sería aproximadamente 25 millones.

Otro aspecto a tener en consideración es el mal estado en que se encuentra el ICRT y las centrales de transmisión de señal televisiva, las cuales deben ser modificadas o de lo contrario construir nuevas instalaciones , el costo de esta inversión no es conocido.

Considerando la compra de televisores y cajas decodificadoras, transmisores y la reparación y construcción de instalaciones, se da una cifra aproximada de 150 millones de dólares. Como se puede apreciar la inversión inicial es bastante elevada, todo esto sin tomar en cuenta el pago por la instalación de los transmisores y su posterior mantenimiento.

El país debe tener total seguridad de cual estándar adoptar, ya que una mala decisión que conlleve a un cambio de estándar en el futuro, traería consigo una nueva inversión y esto sería fatal para Cuba.

### **3.6 Relaciones políticas Cuba – China**

La Habana y Beijing han mantenido una tradicional amistad desde el triunfo de la Revolución cubana en 1959 la que ha experimentado un gran auge en los últimos años. China fue la gran potencia que tendió la mano a Cuba luego de cayera en una profunda crisis económica tras la desintegración de la Unión Soviética. En el año 2007 el intercambio económico entre ambas naciones llego a la cifra de 2.278 millones de dólares, convirtiéndose así en el segundo socio comercial de la Isla después de Venezuela. El gobierno cubano ve en la nación asiática a un socio confiable, estable, en comparación con el contexto internacional adverso, marcado por relaciones tensas con la Unión Europea y el fuerte bloqueo económico impuesto por los Estados Unidos .Si se pudiera valorar las relaciones Cuba-China estarían en la escala de muy buenas y en un constante aumento.

Son muchos los productos que llegan a nuestro país y viceversa. Donde quiera se pueden ver en Cuba las mercancías provenientes de Beijing, y prueba de esto son los televisores, refrigeradores, computadoras y en los últimos 5 años el aumento de intercambio tecnológico.

Este año 2009 visito Cuba el vicepresidente de información tecnológica de la compañía Haier Fang Chun Song, este ratificó la voluntad de incrementar el comercio con la isla en el sector informático, mediante la ejecución de un nuevo proyecto de colaboración para la fabricación de equipos de televisión digital.

Haier está colaborando con el Ministerio de Informática y las Comunicaciones (MIC) en desarrollar la TV Digital en la Isla, así como equipos electrodomésticos y otras tecnológicas del sector de las telecomunicaciones, vinculados a la Revolución Energética, expresó el directivo de la reconocida compañía asiática.

Fang Chun Song se refirió a que Cuba tiene una gran influencia en el área Caribeña y que era de interés para su empresa la colaboración entre ambas partes, para promover este intercambio en aras de alcanzar la próxima meta: lograr fabricar esta tecnología digital. Y en un futuro convertir a la Isla en exportador de otras naciones.

El ejecutivo mencionó las pruebas técnicas realizadas en el 2007, las cuales tuvieron como finalidad la instalación de TV digital en Cuba, y que cuentan con el apoyo y el visto bueno de ambos gobiernos.

Aseguró asimismo que los productos de Haier destinados a la Revolución Energética son totalmente nuevos y diseñados para uso exclusivo de Cuba, con adaptaciones tecnológicas y atendiendo a las costumbres de uso de este país caribeño.

Por todo lo anteriormente expuesto y teniendo presente que ambos son países socialistas que tienen magnificas relaciones que se realizan sobre la base de intereses mutuos, con apego a la paz, y en los ámbitos de la cooperación y la integración, se considera que no hay otro país en este campo con tanta ventaja en el aspecto político, por lo que se augura un futuro esplendido por ambas partes.

### **3.7 Conclusiones**

Tomando en cuenta las pruebas realizadas en Cuba a la norma china, y los aspectos económicos y políticos analizados se llega a la conclusión que la elección de una norma es una decisión política que un gobierno toma apreciando todos los factores que inciden sobre esta determinación. Cuba debe ofrecer a sus usuarios una televisión a la altura del desarrollo tecnológico mundial. Por la calidad técnica y las

excelentes relaciones de amistad y cooperación entre Cuba y China, lo cual es un punto determinante, se considera que el DTMB es el estándar más conveniente para adoptar en Cuba.

## Conclusiones

La investigación realizada permitió profundizar en el tema relacionado con la televisión digital, el cual hasta el momento es poco conocido en Cuba. Se llevó a cabo un análisis de sus principales características, de las diferentes vías por las que se puede acceder a este tipo de televisión y de la forma en que se encuentra distribuida esta novedosa tecnología en el mundo.

Por otra parte, se recopiló información muy valiosa que permitió conocer los diferentes estándares existentes en el mundo, para después de un exhaustivo análisis poder determinar cuál de las normas de televisión digital estudiadas es la apropiada para su implementación en nuestro país.

Desde el punto de vista técnico se pudo apreciar que la norma china es la más atractiva de las existentes ya que supera en la mayoría de los aspectos a las anteriores normas. Al ser este estándar el más reciente, durante su confección se tuvo en cuenta las ventajas y desventajas de las normas que le antecedieron. Se acortó la brecha de conocimientos con respecto a las demás en lo que se refiere a información y divulgación. El análisis de las pruebas realizadas en el año 2007 en Cuba demostró una mayor eficiencia del estándar chino con respecto al europeo, aunque esto no refleja su total superioridad, debido a la desigualdad de condiciones en las que se efectuaron las mismas.

Tras analizar los aspectos económicos y políticos se llega al consenso de que ningún otro país ofrece tantos beneficios a Cuba en cuanto a la adopción de un estándar dadas las excelentes relaciones entre Cuba y la nación asiática. Con esta investigación se pudo constatar que el estándar DMBT reúne las características indicadas para su implantación en Cuba, tanto desde el punto de vista técnico, como económico y político.

Finalmente, con el estudio llevado a cabo se cumplieron los objetivos propuestos ya que:

- Se realizó un análisis de los antecedentes del tema que se investiga: la TVD en el mundo y en Cuba.
- Se llevó a cabo un estudio de las normas de televisión digital existentes.
- Se presentó a la norma china como la más factible para Cuba.

## Recomendaciones

Se propone que este trabajo sirva como material bibliográfico para todos los estudiantes e interesados en conocer acerca de la televisión digital y los estándares de la misma.

Con el objetivo de darle continuidad a la presente investigación se recomienda:

- la lectura del presente estudio para la ampliación de conocimientos con respecto a la televisión digital.
- la profundización en el tema a partir del estudio realizado sobre la norma DTMB, dadas las grandes ventajas que hacen factible su selección como el estándar apropiado para Cuba.
- la realización de nuevas pruebas en igualdad de condiciones con vistas a conocer con certeza el desempeño real de esta norma en nuestro país.
- la ejecución de pruebas comparativas de este estándar con los restantes ISDB-T y ATSC siempre que sea posible.

## Referencias Bibliográficas

- [1]. "Historia del Estándar ATSC" disponible en <http://www.atsc.org/history.html>
- [2]. ATSC Standard: "Use of ATSC", Julio 2001
- [3]. ATSC Recommended Practice: "Guide to the Use of the ATSC Digital Television Standard", December 2005
- [4].ISO: ISO/IEC IS 13818-1:2004 (E), International Standard, Information technology – Generic coding of moving pictures and associated audio information: Systems.
- [5].ISO: ISO/IEC CD 13818-4, MPEG Committee Draft (2003): "MPEG-2 Compliance."
- [6]. "Display Resolution" disponible en [http://en.wikipedia.org/wiki/Display\\_resolution](http://en.wikipedia.org/wiki/Display_resolution)
- [7]. ATSC Standard: "Digital Audio Compression Standard (AC-3, E-AC-3) Revision B", June 2005
- [8]. ETSI ETR 154 Digital Video Broadcasting (DVB):" Implementation guidelines for the use of MPEG-2 Systems, Video and Audio in satellite, cable and terrestrial broadcasting applications", 2004
- [9]. ETSI EN 300 744 V1.5.1 Digital Video Broadcasting (DVB):" Framing structure, channel coding and modulation for digital terrestrial television", 2005
- [10].Chinese National Standard GB 20600-2006. "Frame Structure, Channel Coding and Modulation for Digital Television Terrestrial Broadcasting System", English, 2006
- [11]. Bruin Ronald, Smits Jan. "Digital Video Broadcasting Technology, Standards and Regulations", Eindhoven Centre of Innovation Studies (ECIS), Eindhoven University of Technology The Netherlands, 2003
- [12].Chao Zhang, Xiao-Lin Zhang, Cheng Lu , Zhan Zhang. "The Technical Analysis on the China National Standard for Digital Terrestrial TV Broadcasting ", 2008

- [13]. "DMB-T" disponible en <http://en.wikipedia.org/wiki/DMB-T/H>
- [14]. W. Zhang, Y. Guan, W. Liang, D. He, F. Ju, J. Sun. "An Introduction of the Chinese DTTB Standard and Analysis of the PN595 Working Modes", IEEE Trans. Broadcasting, 2007
- [15]. Shanghai High Definition Digital Technology Industrial Corporation HDIC. "HDIC Corporate Presentation"
- [16]. Barreras, Manuel. "Informe Sobre Las Pruebas Preliminares De La Tv Digital Efectuadas En Diciembre Del 2007 En La Ciudad De La Habana "
- [17]. Wong Pérez Julio, Caballero Martínez Raynier, Veliz Pérez Dayron. "Análisis de los Estándares de Transmisión de Televisión Digital Terrestre". Proyecto final, Cujae. Diciembre de 2008
- [18]. FORO SBTVD." FORO DEL SISTEMA BRASILEÑO DE TV DIGITAL TERRESTRE", marzo 2008
- [19]. Valdivia Andrea, Rupin Manuel. "SITUACION DE LA TELEVISION DIGITAL EN EL MUNDO E IMPLICANCIA EN CHILE".
- [20]. "El ABC de la Televisión Digital" disponible en <http://www.eveliux.com>
- [21]. "TDT" disponible en <http://www.televisiondigital.es>

## Bibliografía

1. **Cardozo, Gustavo.** Cuba en la política exterior china.
2. **DTV STATUS.** [En línea] [Citado el: 20 de Enero de 2009.] <http://es.dtvstatus.net/>.
3. **DVB.** [En línea] [Citado el: 1 de Mayo de 2009.] [www.dvb.org](http://www.dvb.org).
4. **eraDigital.** [En línea] [Citado el: 15 de Abril de 2009.] <http://www.eradigital.com.ar/blog/2007/06/25/isdb-t-la-tv-digital-de-japon/>.
5. **Estandar de TVD.** Consulta: Estandar de TVD. [En línea] [http://www.subtel.cl/prontus\\_tvd/site/artic/20080225/asocfile/20080225113043/documento\\_consulta\\_tvd\\_final\\_010208.pdf](http://www.subtel.cl/prontus_tvd/site/artic/20080225/asocfile/20080225113043/documento_consulta_tvd_final_010208.pdf).
6. ESTÁNDARES DE TELEVISIÓN DIGITAL.
7. FORO DEL SISTEMA BRASILEÑO DE TV DIGITAL TERRESTRE.
8. **Gob Bolivariano Venezuela.** [En línea] [Citado el: 30 de Marzo de 2009.] <http://www.mppti.gob.ve/seccion.php?type=sec&idg=4&seccion=189&info=&nombresec=TV%20Digital%20Terrestre>.
9. **K.Graves, Robert.** ATSC-Estado actual de la TVD. [En línea] [Citado el: 12 de Marzo de 2009.] <http://www.mtc.gob.pe/portal/comunicacion/forotv/ponencias/ATSC%20Robert%20Graves.pdf>.
10. **La Red TVD.** [En línea] [Citado el: 21 de Febrero de 2009.] [http://www.lared.com.ve/detalle\\_noticia\\_ayer.php?id\\_noticia=16](http://www.lared.com.ve/detalle_noticia_ayer.php?id_noticia=16).
11. **Medios 4-UC.** [En línea] [Citado el: 6 de Febrero de 2009.] <http://www.pergaminovirtual.com.ar/revista/cgi-bin/hoy/archivos/2006/00000214.shtml>.
12. **Pergamino Virtual.** [En línea] [Citado el: 11 de febrero de 2009.] <http://www.servisystem.com.ar/ATSC/dtv3.html>.

13. **ServiSistem.** [En línea] [Citado el: 24 de Enero de 2009.]  
<http://www.servisystem.com.ar/ATSC/dtv3.html>.
14. **Tarres Ruiz, Francesc.** Sistemas Audiovisuales.
15. **Wong Pérez, Julio and Caballero Martínez, Raynier.** Análisis de los Estándares de Transmisión de Televisión Digital Terrestre.

## **Glosario de Términos**

**8-VSB:** Vestigial Sideband modulation

**AF:** Adaptation Field

**AP:** Alta prioridad.

**ATSC:** Advanced Television Systems Committee

**BCH:** Bose-Chaudhuri-Hocquenghem code.

**BER:** Bit Error Rate

**BP:** Baja prioridad

**CAT:** Conditional Access Table

**COFDM:** Coded Orthogonal Frequency Division Multiplexing

**DTMB:** Digital Television Terrestrial Multimedia Broadcasting

**DBS:** Direct Broadcast Satellite

**DTH:** Direct To Home

**DTTB:** Digital Terrestrial Television Broadcasting

**DTV:** Digital Television

**DVB:** Digital Video Broadcasting

**ETSI:** European Telecommunication Standards Institute

**E8-VSB:** Enhanced 8-VSB

**FDM:** Frequency Division Multiplexing

**FEC:** Forward Error Correction

**HDTV:** High Definition Television.

**ISDB:** Integrated Services Digital Broadcasting

**LDPC:** low-density parity-check

**LFE:** Low Frequency Enhancement

**MFN:** Multiple Frequency Network

**MPEG:** Moving Pictures Experts Group

**PN:** Pseudo-random Noise

**QAM:** Quadrature Amplitude Modulation

**RS:** Reed-Solomon

**SDTV:** Standard Definition Television

**SFN:** Single Frequency Network

**OFDM:** Orthogonal frequency-division multiplexing

**TICs :** Las tecnologías de la información y la comunicación

**TPS:** Transmission Parameter Signaling

**μs:** Un microsegundo

