



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA
DE MEXICO**

FACULTAD DE INGENIERIA

**EL SISTEMA ATSC Y SU IMPLANTACION EN
MEXICO**

T E S I S

Para obtener el titulo de:
INGENIERO EN TELECOMUNICACIONES

Presenta:
DENISSE ESPINDOLA VARGAS

Director de tesis:
Ing. Jesús Reyes





Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

Agradecimientos

A mi Mama

Que hasta el día de hoy no ha dejado de estar a mi lado en todo momento, y que gracias a su ejemplo de fortaleza, sabiduría y amor me ha permitido ser.

A mi Hijo

El cual me inspira para seguir día a día, al que le agradezco haya llenado mi corazón de alegría desde que nació y que me permite tomarlo de la mano y caminar juntos.

*A mis Hermanas:
Por darme confianza, apoyo, amor y paciencia, gracias, las quiero.*

*A mi Papá y mi Abuela:
Con cariño*

A mis Amigos:

Fer F., Alfonso, Magali, Mony, Silvia, Carlos D., Toño, Marcelo, Jacobo, Francisco O., César, Paola, Oscar, Tony, Norma, Yola, Angélica. Gracias por haber hecho de este encuentro universitario inolvidable, por darme su amistad incondicional la cual estoy segura perdurará por siempre. Y gracias por que ustedes son parte fundamental de lo que soy ahora.

A ti Amor:

Gracias por enseñarme a ser valiente, a pelear por las metas que parecen inalcanzables, y por darme en un abrazo la tranquilidad de saber que siempre estás ahí.

Al Ing. Jesús Reyes, Gracias por su paciencia, dedicación, calidez humana, y por transmitirme sus conocimientos durante mi estancia en la Universidad, además de hacer posible que se concluyera esta meta.

Índice

Introducción	1
Objetivos	1
Resumen	1
Capítulo I Características de la Televisión Digital (DTV) y la Televisión de Alta Definición (HDTV)	4
1.1 Estándares de Transmisión de TV Digital	6
1.2 Beneficios del cambio de TV analógica a TV Digital	8
Capítulo II El Sistema ATSC	
2.1 Codificación de la Señal de Video	
2.1.1 Codificación de fuente	11
2.1.2 Compresión de video	11
2.1.3 Perfiles y niveles de MPEG-2	13
2.1.4 Predicción Inter-trama y compensación de movimiento	16
2.1.5 Compensación de Movimiento	18
2.1.6 DCT (Transformada Coseno – Discreta)	19
2.1.7 Estructura de una codificación MPEG-2	25
2.1.8 Sistema MPEG-2 para ATSC	26
2.1.9 Sistema MPEG-4	27
2.2 Compresión y codificación de Audio	
Introducción	32
2.2.1 Características de un sistema de audio para Televisión Digital	34
2.2.2 Subsistema de audio dentro de un sistema de Televisión Digital	34
2.2.3 Audio ISO/MPEG: Codificación Genérica de Audio	37
2.2.4 Formato de la trama MPEG de Audio	39
2.2.5 Sistema AC-3	44
2.2.6 Teletexto	46
2.2.7 Audio Realzado para Televisión Digital (E-AC-3)	49
2.3 Servicios de Multiplexaje y Transporte	
2.3.1 Estructuras Disponibles	51
2.3.2 Multiplexaje de Video, Audio y Datos	52
2.3.2.1 Multiplexado de las Señales MPEG-1	52
2.3.2.2 Multiplexado de las Señales MPEG-2	57
2.3.2.3 Cómo demultiplexar MPEG-2	67
2.3.3 Servicios de la Televisión Digital	67
2.3.4 Protocolo de Información de Sistemas y Programas (PSIP)	69
2.4 Técnicas de Control de Errores	70
2.4.1 Codificador de Reed-Solomon (Reed-Solomon Encoding)	73
2.4.2 Códigos Entrelazados (Data Interleaver)	74
2.4.3 Codificador Trellis	74

2.5 Modulación Digital	
2.5.1 Métodos de Modulación Digital	75
2.5.2 Eficiencia Espectral	77
2.5.3 8-VSB en ATSC	78
2.5.4 16-VSB en ATSC	88
2.5.5 8-VSB (Terrestre) para ATSC Digital Televisión Standard	89
2.5.6 Sistema VSB mejorado (E-VSB)	89
2.5.7 Redes de Transmisión Múltiple	90
Capítulo III Aspectos relacionados con la transmisión de señales de Televisión Digital	93
3.1 Antenas Transmisoras	95
3.2 Mediciones de Campo	104
3.2.1 Mediciones de Transmisión	104
3.2.2 Objetivos de las Mediciones de Campo	108
Capítulo VI Recepción de la Televisión Digital	119
4.1 Productos de la TV Digital disponibles en la Norma ATSC	119
Capítulo V La implantación de la Televisión Digital	
5.1 En América	
5.1.1 Transición hacia la Televisión Digital en Estados Unidos	124
5.1.2 La Televisión Digital Terrestre en América Latina	129
5.2 La implantación de la Televisión Digital en México	137
5.2.1 Tareas a realizar para la correcta transición a la DTV en México	142
5.2.2 Perspectiva de la Televisión Digital en México	143
VI Conclusiones	151
VII Bibliografía	153

INTRODUCCIÓN

Hoy el mundo es digital, y los seres humanos comparten e intercambian información en formatos digitales; así la televisión digital es una evolución tecnológica natural del sistema analógico actual. La meta está clara: sustituir la tecnología analógica por la digital. De momento, y durante un periodo de transición, ambas convivirán prestando un servicio común.

La Televisión Digital ha sido el sueño eterno de los ingenieros durante décadas, esta tecnología ha recibido el impulso necesario para llegar, por fin, a las masas. Todo en ella son virtudes. Aunque, la principal es su mayor capacidad de transmisión, que junto a la flexibilidad está redefiniendo a las comunicaciones terrestres. Sencilla y llanamente, las transmisiones digitales se caracterizan por transferir el sonido y las imágenes en formato binario, en lugar de analógico, una forma de difusión mucho más eficiente, que permite la emisión de una multiplicidad de canales (digitales) en el espacio que, antes, era ocupado por un solo canal analógico.

La Televisión digital es la continuidad obligada de la actual TV analógica ya que ésta ha sufrido en los últimos años el avance de otros medios competidores en el hogar: TV Cable, Wireless cable, TV satelital, Home cinema, DVD, PC, Internet, video en la web, cable módem etc. Todo ello implica ofrecer mejor calidad, la interactividad con el usuario, un amplio abanico de servicios interactivos y la capacidad de procesar transacciones para el *e-commerce*. Todos estos elementos son los que, a menudo, se señalan como claves para el éxito futuro de la convergencia mundial en la sociedad de la Información, cosa que la Televisión Digital cumple perfectamente.

La introducción de la DTV incrementará el impacto de las transmisoras, los consumidores e industrias relacionadas. El desarrollo efectivo del Proyecto de Televisión Digital sólo se podrá llevar a cabo si es económicamente viable para: los Radiodifusores, los Usuarios, los Anunciantes y la Industria de Fabricación de Receptores. Cualquiera de estos aspectos que falle representará el fracaso del emprendimiento ya que la masividad, principal objetivo, depende de la rentabilidad del proyecto.

Objetivos:

- 1 Dar una visión general del funcionamiento del Sistema ATSC en sus 3 etapas básicas: Codificación de la fuente y compresión, Servicio Multiplexaje y transporte, Control de Errores y Modulación Digital.
2. Analizar el proceso de implantación de la Televisión Digital en América
3. Destacar las oportunidades que tiene México en el proceso de transición hacia la Televisión Digital

Resumen

Capítulo I. Tiene como objetivo dar una breve explicación del desarrollo de la Televisión Digital y de Alta Definición (HDTV); la competencia entre los estándares: Europa con el **DVB** (Digital Video Broadcast), Estados Unidos de Norteamérica con el **ATSC** (Advanced Television Systems Committee) y Japón con el **ISDB-T** (*Integrated Services Digital Broadcasting*). Destacando que el estándar americano, además de adoptarse como una norma en los Estados Unidos y Canadá, otros países como Corea del Sur, Taiwán y México

han optado por emplear este estándar. Además veremos los beneficios de la transición Analógica a Digital

Capítulo II. En este capítulo se analizarán las etapas del Sistema de Televisión Digital ATSC. En la primer etapa de Codificación de Audio (AC-3) y Video (MPEG-2), se describirán los formatos necesarios para optimizar el espectro electromagnético disponible, ya que de no ser por estos, el uso de la tecnología digital sería poco práctica debido al gran ancho de banda que se requiere en primera instancia. Estos esquemas de compresión optimizan escasos recursos del canal de transmisión, representando al audio, video y flujo de datos, con cantidades de bits muy pequeñas, preservando el nivel de calidad para algunas aplicaciones.

En la etapa dos tenemos el sistema de multiplexaje y transporte, el cual divide cada flujo de bits en "paquetes" de información únicos, identificándolos por el tipo de paquete; los paquetes del flujo de bits de video interlineado o multiplexado, paquetes de flujo de bits de audio y datos, son puestos dentro de un mecanismo de transporte único. El sistema ATSC emplea la Sintaxis del flujo de transporte de MPEG-2 para la paquetización y multiplexación del audio y video y señales de datos para los sistemas digitales de transmisión.

El PSIP (Program and System information Protocol), definido en el Estándar ATSC A/65, es una pequeña colección de tablas diseñadas para operar dentro de cada flujo de transporte de las transmisiones digitales terrestres de la televisión digital. Su propósito es describir la información al sistema y los niveles eventuales para todos los canales virtuales transportados en un flujo de transporte en particular.

Y por último tenemos la etapa tres del sistema la cual se refiere a los métodos de tratamiento del tren digital de información que se utilizan para modular la señal que se transmite. Las técnicas de modulación incluyen la codificación de canal y las técnicas de protección de errores tanto para esquemas de modulación de portadora única como de portadora múltiple

En esta etapa se protege el paquete de datos de posibles errores, ráfagas y errores aleatorios, se agregan códigos Reed-Solomon correctores de errores.

La modulación (o capa física) utiliza la información del flujo de bits digital para modular a la portadora de la señal transmitida. El sistema de modulación básica ofrece dos modos: el modo 16-VSB para aplicaciones de cable y el modo 8-VSB para transmisiones terrestres, éste último y más importante en nuestro análisis del Sistema, diseñado para eficientar el espectro, maximizar la transmisión de datos con un requerimiento de umbral bajo en el receptor de señal a ruido, alta inmunidad a la interferencia co-canal y canal adyacente y una elevada robustez a los errores de transmisión. Adicionalmente, los bajos requerimientos de potencia del 8-VSB permiten a las estaciones de ATSC DTV existir en canales con estaciones analógicas. Estas características son esenciales para la conversión de las transmisiones terrestres.

Recientemente desarrollado el modo "Enhanced-VSB" (E-VSB) envuelve a la transmisión de una señal compatible hacia atrás dentro del flujo de símbolo del estándar 8-VSB que puede ser recibido a una más baja porción de portadora a ruido que el modo 8-VSB. Con la transmisión E-VSB, algunos datos, de los 19.4Mb/s son alojados en el modo robusto y otros en el modo normal 8-VSB. Sin embargo la cantidad de datos entregados se reduce en el modo robusto ya que parte de los datos entregados es tratado adicionalmente por un corrector de errores de bit hacia adelante (FEC).

El receptor de ATSC recupera la representación de los bits del video, audio originales y de otros datos de la señal modulada. En particular el receptor desempeña las funciones de sintonía, rechaza señales adyacentes y otras fuentes de interferencia, demodula la señal recibida aplicando corrección de errores para producir un flujo de bits de transporte, selecciona cada elemento deseado y lo envía a un procesador apropiado, presenta la programación para el apropiado audio o video traductor.

El estándar ATSC DTV provee flexibilidad en sus servicios de programa lo cual es una clave en beneficio de las transmisoras y los consumidores.

Capítulo III. Se verán aspectos relacionados con la transmisión de la Señal de Televisión Digital, algunas características especiales y funcionalidad de las antenas Transmisoras y las pruebas realizadas por la ATSC en cuanto a Mediciones de Campo

Capítulo IV. Este capítulo nos habla de los equipos receptores para Televisión Digital, mencionando características especiales de los equipos y la comparación de los productos existentes en el mercado.

Capítulo V. En este capítulo hablaré sobre el desarrollo de la implantación de la Televisión Digital en América y los pasos que se han dado en México. Esta transición trae consigo una serie de cambios que los Radiodifusores Mexicanos deberán tomar en cuenta tales como el diseño de su infraestructura y equipamiento, la evaluación de costos de implementación, las transmisiones, las pruebas de equipo, los servicios de programa y los arreglos de multiplexaje, consideraciones de variables, planes de formación e información sobre la Televisión Digital al consumidor. Monitoreo del mercado y de las proyecciones de futuro y efectuar un estudio cualitativo de los planes de migración hacia la Televisión Digital que permitirá determinar el grado de efectividad y desarrollo de las políticas, la convergencia entre estas y los planes nacionales y el cumplimiento de los calendarios propuestos. Extraer conclusiones comparativas que enriquezcan y mejoren el propio proceso de implantación, permitir la posibilidad de exportar soluciones de implantación entre estados, adaptándolas a la realidad socio-económica y tecnológica de cada uno.

I. LA TELEVISIÓN DIGITAL (DTV) y LA TELEVISIÓN DE ALTA DEFINICIÓN (HDTV)

Los años 90 pasarán a la historia desde el punto de vista tecnológico por la implantación de la televisión digital. Tras unos años de revolución tecnológica en el mundo de las telecomunicaciones en general, sin duda, lo que ha permitido comenzar la revolución en el mundo de la televisión ha sido por un lado la viabilidad de la puesta en práctica de las ideas acerca del tratamiento digital de la señal de televisión, y por otra parte, el desarrollo de estándares de codificación y transmisión. El gestor de esta revolución en Europa ha sido y es el proyecto DVB (Digital Video Broadcasting), mientras que en Estados Unidos definición (HDTV, por sus siglas en inglés).

En 1935, cuando el sistema de televisión prevaleciente era el de 30 líneas y 12 cuadros por segundo, de alta definición fueron las 343 líneas y 30 cuadros por segundo propuestos por David Sarnoff, de la RCA. En la Inglaterra de la preguerra, fueron las 405 líneas, y luego las 525 líneas anunciadas en la Feria Mundial de Nueva York en 1939. Al aparecer la tecnología del color en NTSC, ésta se anunció como "el sistema de televisión de color de alta definición" y posteriormente en Europa, la televisión de alta definición fue la de 625 líneas. De lo anterior se deduce que el término televisión de alta definición, siempre ha sido sinónimo de "la mejor calidad alcanzable en función del estado del arte de la tecnología presente".

Hacia 1980, los grupos de estudio establecidos por organizaciones internacionales acordaron que los sistemas de televisión de alta definición, requerían una resolución aproximadamente igual a la de una película de 35mm, lo cual corresponde a por lo menos el doble de la resolución horizontal y vertical de los sistemas de televisión tradicionales.

Después de años de investigación, la NHK del Japón, desarrollo el primer sistema moderno de televisión de alta definición, de pantalla ancha y de 1,125 líneas con barrido de imagen de 60Hz, logrando igualar la calidad cinematográfica de la película de 35mm.

Conforme aumentaba el interés por la alta definición, en 1987 la Comisión federal de Comunicación FCC de los EEUU, propició la formación de la Comisión Asesora sobre el Servicio de la Televisión Avanzada (ACATS, por sus siglas en inglés), encargada de seleccionar un sólo estándar para un sistema de alta definición capaz de ser transmitido en forma simultánea con la señal NTSC vigente, y por tanto restringida al esquema de utilización de canales de 6 MHz de ancho de banda.

El primero de junio de 1990, la compañía General Instruments de San Diego, California, propuso un sistema terrestre de televisión de alta definición HDTV completamente digital, marcando con ello un parte aguas en la historia de la televisión. La era digital iniciaba, marcando el fin de la televisión analógica e imponiendo el enorme reto a los industriales de reinventar completamente la televisión.

En un esfuerzo de concertación y de apego a estrategias nacionales de predominio de mercados, el gobierno estadounidense propuso a los principales fabricantes que trabajaban cada cual en su propuesta, que unieran sus esfuerzos en una "Gran Alianza" para proponer un solo sistema de televisión de alta definición digital, con -lo mejor de lo mejor- en cuanto a tecnologías de cada uno de los participantes: AT&T (Lucent), MIT, General Instruments, Zenith Electronics Corporation, North American Philips, David Sarnoff Research Center (RCA) y Thompson Consumer Electronics.

El sistema de televisión de alta definición HDTV propuesto tendría dos modalidades principales: 1,080 líneas activas con 1,920 píxeles cuadrados por línea, con barridos entrelazados de 59.94 y 60 cuadros por segundo y 720 líneas activas, con 1,280 píxeles por línea, con barridos progresivos de 59.94 y 60 cuadros por segundo. Ambos formatos operarían

igualmente con barridos progresivos de 30 y 24 cuadros por segundo, para la transmisión de programas filmados.

El sistema de la Gran Alianza emplea compresión de video y sistemas de transporte MPEG-2, audio Dolby Digital (AC-3) y modulación 8-VSB en banda lateral vestigial. Con ello se desarrolló un sistema de pantalla ancha, con relación ancho/altura de 16:9, con cinco veces más calidad de imagen que la televisión de definición estándar de 480 líneas activas y relación ancho/altura de 4:3 todo ello comprimido en un canal estrecho de televisión de 6 Mhz de ancho de banda.

A pesar de haberse logrado esta proeza de la ingeniería electrónica, la FCC cedió ante los intereses de la industria de la computación, y solicitó en 1995 que se incluyeran en el estándar digital varios formatos menores de televisión de definición estándar (SDTV, por sus siglas en inglés) de 480 líneas con barridos progresivos y entrelazados.

Finalmente, el 24 de diciembre de 1996, el gobierno norteamericano aprobó como norma obligatoria para la transmisión terrestre digital y de alta definición, la norma para SDTV y HDTV de la ACATS, documentada por el Comité de Sistemas de Televisión Avanzada (ATSC, por sus siglas en inglés). Esta norma, conocida como la Norma ATSC, dejó fuera lo referente a la imposición del tipo de barrido (sólo progresivo, o sólo entrelazado), en aras de lograr, una vez más el consenso con el grupo de interés de la industria de la computación.

A partir de la adopción de la Norma ATSC, el organismo gubernamental encargado de la asignación del espectro en los EEUU, acordó iniciar la asignación gratuita de canales digitales a todos los concesionarios de canales de televisión analógica, con el fin de estimular la transmisión digital simultánea de programación. Además, se fijó como meta importante en esta transición a transmisión digital, el que se regrese el canal analógico NTSC al final del período de transición que como meta se fijó el año 2006, fecha razonable para la finalización del servicio de transmisión de señales NTSC.

Con la Norma ATSC, será necesario tomar decisiones acerca de la calidad de la imagen que será transmitida al usuario, esto es, si se le enviará un determinado programa en definición estándar SDTV, aprovechando el canal digital para el envío de varios programas simultáneos en modo "SDTV múltiplex", o si se le enviará con la máxima calidad disponible de alta definición HDTV, para así ser más competitivo.

La transmisión en alta definición HDTV podría ser el medio preferido para eventos deportivos y programación en horario estelar. Al respecto, varias cadenas televisivas de los EEUU, operadores de cable y programadores de DBS han hecho pública su intención de proporcionar servicios de programación de televisión de alta definición HDTV, para finales de 1998, y al menos en los diez principales mercados de ese país, (entre ellos DirecTV y HBO).

En 1990, la compañía General Instruments de San Diego, California, EE.UU., hizo público el desarrollo de una técnica de transmisión digital eficiente, capaz de transportar en un canal de televisión convencional de 6 Mhz de ancho de banda, una imagen de televisión de alta definición (HDTV, por sus siglas en inglés), es decir, imágenes de 2 millones de píxeles con una relación de aspecto de 16:9, en forma de datos digitales comprimidos. Con ello, quedó marcado el final de la televisión analógica de nuestros días y se abrió el camino hacia la nueva era de la televisión avanzada totalmente digital.

Además, se presentarán nuevas oportunidades representadas por la convergencia con servicios digitales de información, que los colocarán en una posición sumamente ventajosa como proveedores de servicios de alta tecnología en la supercarrera de la información (sinónimo del Internet). Esto será posible ya que la señal digital propuesta posee una gran "flexibilidad", la cual permite transmitir a ciertas horas del día HDTV, y en otras horas del día, varios programas simultáneos con resolución estándar sobre los mismos 6 Mhz, o una combinación de programas con resolución estándar y servicios de información tipo páginas de Web, estadísticas deportivas, periódico electrónico, etc.

La ventaja competitiva más fuerte de la televisión de alta definición es su calidad de imagen. La calidad de la programación HDTV al aire es infinitamente superior a la ofrecida por los discos ópticos, sean éstos LaserDisc, o los DVD. El hecho de que se pretenda transmitir al aire, y por tanto, libre de cuotas mensuales, le da a su vez ventaja sobre los sistemas de cable y de programación satelital directa al hogar (DTH; DBS).

La nueva generación de televisión fue presentada por los principales fabricantes en el CES 98 celebrado en las Vegas, Nevada, EEUU, en enero del presente año, marcado así el debut comercial de la televisión de alta definición HDTV. Por primera vez, los principales fabricantes de televisores presentaron sus prototipos de receptores comerciales de HDTV y anunciaron planes para introducirlos en el mercado estadounidense en el otoño de 1998.

Los principales beneficios de esta nueva tecnología son: imágenes claras, nítidas y sonido con calidad del disco compacto. Inicialmente, los primeros televisores digitales serán de pantalla grande, y de alto costo. Se estima que los primeros receptores de HDTV tendrán un costo de \$8,000 a \$10,000 dólares americanos. Sin embargo, los precios disminuirán a medida que la demanda aumente y se establezca una economía de escala. Históricamente, los precios de los productos de electrónica de consumo disminuyen en un 50% durante la primera década de aparición. Se estima que para el año 2006, 30% de los 100 millones de hogares en los EEUU, tendrán un receptor de televisión digital.

Los televisores tradicionales continuarán recibiendo señales analógicas transmitidas al aire por lo menos hasta el año 2006, en los EEUU, y mucho tiempo después, en nuestro país. Una vez terminado el cambio a transmisiones digitales, los televisores de hoy serán capaces de recibir las nuevas señales digitales sólo mediante el uso de una caja convertidora adicional. Sin embargo, otras tecnologías actuales, tales como el cable, las videograbadoras, los discos ópticos DVD y los sistemas de recepción satelital directo al hogar, continuarán funcionando con nuestro "viejo" televisor NTSC por algunos años más.

En la actualidad existen 3 medios para la transmisión de TV digital que estén siendo utilizados de manera comercial: satélite, cable y TDT (Televisión Digital Terrestre). También hay un cuarto medio que se está probando en diferentes países como Inglaterra: El ADSL

1.1 Estándares de Transmisión de TV Digital

Hoy en día existen tres grupos de normas para la transmisión de TV digital terrestre. El Europeo y se denomina DVB-T (Digital Video Broadcasting Terrestrial), el Estadounidense ATSC (Advanced-Televisión-Systems-Committee). Y un tercero es el Sistema ISDB-T (Integrated Services Digital Broadcasting) de JAPON.

Principales características de los sistemas europeo y japonés

▪ El sistema DVB-T OFDM para EUROPA

Organizaciones del sector privado y público se unieron para formar el consorcio Europeo – The Digital Video Broadcasting Project- el cual desarrolló el sistema DVB-T OFDM. El sistema digital DVB-T (Terrestrial Digital Video Broadcasting), especifica los procesos de codificación de canal y de modulación para un adecuado funcionamiento cuando se usan los canales de transmisión terrestre.

Utiliza la secuencia de operaciones denominada “Codificación de Canal”, mediante el cual se añade suficiente redundancia y protección a la señal para hacerla más robusta con vistas a poder corregir los errores después de pasar por el canal de transmisión. Su “Esquema de Modulación” utilizado para la transmisión, es del tipo de modulación multiportadora OFDM (Orthogonal Frequency Division Multiplex). Este sistema permite la selección de diferentes

niveles de modulación QAM (Quadrature Amplitude Modulation). El resultado, de combinar el potente método de codificación para corrección de errores y la modulación multiportadora, es una transmisión de tipo COFDM (Coded Orthogonal Frequency Division Multiplex).

El sistema DVB-T es muy flexible, disponiéndose de una serie de opciones:

- 2 modos de transmisión: 2k (1.705 portadoras) y 8k (6.817 portadoras);
- 3 esquemas de modulación: QPSK; 16-QAM y 64QAM;
- 5 relaciones de codificación para protección interna de errores: 1/2, 2/3, 3/4, 5/6, 7/8 ;
- 4 longitudes para el intervalo de guarda: 1/4, 1/8, 1/16, 1/32
- Modulación jerárquica o no jerárquica con diferentes valores del parámetro

Un aspecto a destacar de la técnica OFDM es que permite la operación, tanto en áreas pequeñas como en grandes, de "Redes de Frecuencia Única" (Single Frequency Networks-SFN"). En estas condiciones se obtiene la máxima eficiencia en el uso de las frecuencias del espectro, lo cual adquiere especial relevancia cuando se usa en las bandas de UHF asignadas para TV.

▪ **El Sistema ISDB-T BST-OFDM para JAPON**

La ARIB (Association of Radio Industries an Businesses) desarrollo el sistema ISDB-T. El cual utiliza un método de modulación referenciado al BST OFDM (Band Segmented Transmission, el cual consiste de un conjunto común de bloques de frecuencia básicos llamados Segmento BST. Cada segmento tiene un correspondiente ancho de banda de 1/14 de ancho de banda de canal. El BST-OFDM provee una capacidad de transmisión jerárquica usando diferentes tasas de código puntuales, esquemas de modulación e intervalos de guarda en diferentes segmentos BST. Por esa razón diferentes segmentos pueden encontrarse con requerimientos de servicio diferente. Por medio de la transmisión de grupos de segmentos OFDM con diferentes parámetros de transmisión, se obtiene una transmisión jerárquica.

Tabla de comparación de los 3 Sistemas

De manera general, cada sistema tiene sus ventajas y desventajas únicas, la siguiente tabla muestra sus principales características.

	ATSC 8-VSB	DVB-T OFDM	ISDB-T BST-OFDM
Origen de Codificación			
Video	Sintaxis principal de perfil de ISO/IEC 13818-2 (MPEG-2 video)		
Audio	Dolby AC-3	Audio MPEG-2 o Dolby AC-3	Audio MPEG-2 o Audio AAC
Flujo de Transporte	Flujo de transporte de MPEG-2		
Codificación de canal			
Codificación externa	R-S (207, 187, t=10)	R-S (204, 188, t=8)	
Interferencia externa	52 R-S entrelazador de bloque	12 R-S entrelazador de bloque	
Codificación Interna	Código Treills2/3	Código Convolutacional Perforado : 1/2, 2/3, 3/4, 5/6, 7/8, restricción de longitud=7, polinomiales 171, 133	
Interferencia interna	Entrelazador de Código Treills 12-a-1	Entrelazador de bits juicioso y entrelazado de frecuencia	Entrelazador de bits juicioso y entrelazado en tiempo y frecuencia
Datos aleatorios	16-bit PRBS		

Modulación			
Mapeo de Símbolo		QPSK, xQAM	DQPSK/QPSK, xQAM
Intervalo de Guarda		1/32, 1/16, 1/8, 1/4	
Jerarquía	No	Si	
No. de portadoras	1	2k and 8k FFT	2k, 4k, and 8k FFT
Tasa de Bits	19.3 Mbps	3.7-31.7 Mbps	4.06-21.47 Mbps
Habilidad para HDTV	Si	Se necesita incremento de la tasa de codificación convolucional, de 3/4. Necesita potencia adicional de 1.5dB.	

1.2 Beneficios del cambio de TV analógica a TV Digital

El principal problema de la televisión analógica es que las señales de vídeo varían muy poco al pasar de un elemento de imagen (píxel) a los contiguos, o por lo menos existe una dependencia entre ellos. En pocas palabras, se derrocha espectro electromagnético. Además al crecer el número de estaciones transmisoras, la interferencia se convierte en un grave problema.

En la televisión analógica, los parámetros de la imagen y del sonido se representan por las magnitudes analógicas de una señal eléctrica. El [transporte](#) de esta señal analógica hasta los hogares ocupa muchos [recursos](#).

El [proceso](#) de digitalización de una señal analógica lo realiza el conversor analógico/digital. Esta representación, numérica en bits, permite someter la señal de televisión a [procesos](#) muy complejos, sin degradación de calidad, que ofrecen múltiples ventajas y abren un abanico de posibilidades de nuevos servicios en el hogar. Sin embargo, la señal de televisión digital ofrecida directamente por el conversor analógico/digital contiene una gran cantidad de bits que no hacen viable su [transporte](#) y [almacenamiento](#) sin un [consumo](#) excesivo de [recursos](#).

La cantidad de bits que genera el [proceso](#) de digitalización de una señal de televisión es tan alta que necesita mucha capacidad de [almacenamiento](#) y de recursos para su transporte. Estas y otras técnicas han sido los factores que han impulsado definitivamente el desarrollo de la televisión Digital, permitiendo el almacenamiento y transporte de la señal de televisión digital con un mínimo uso de recursos.

Tras unos años de revolución tecnológica en el mundo de las telecomunicaciones en general, sin duda, lo que ha permitido comenzar la revolución en el mundo de la televisión ha sido por un lado la viabilidad de la puesta en práctica de las ideas acerca del tratamiento digital de la señal de televisión, y por otra parte, el desarrollo de estándares de codificación y transmisión.

Finalmente cabe destacar la flexibilidad de las técnicas empleadas y su capacidad evolutiva hacia nuevos horizontes como la HD (alta definición), televisión interactiva o la fusión con el universo multimedia.

De esta forma los diferentes sistemas satisfacen, desde el punto de vista técnico, operacional y comercial, los requerimientos del medio de transmisión particular para el que han sido diseñados (satélite, cable, terrestre), manteniendo un alto nivel de aspectos comunes entre las

diferentes soluciones. Las peculiaridades se ciñen a aquellos aspectos del sistema que dependen del medio de transmisión.

Servicios de televisión digital interactivos más destacados concebidos para ofrecerse a través de la TV Digital:

Guía de programación

Mini guía

Guía Radio/Música

Realización compartida

Concursos

Participación en juegos

Canal meteorológico

Canal tráfico

Descarga software por abono del canal

Descarga software con pago por paquete

Tele banca, Telecompra

Tele carga monedero

Acceso Web

Publicidad sincronizada

Publicidad personalizada

Juegos

Mensajería

PPV (Pago Por Ver Instantáneo). Permite al usuario la suscripción instantánea a un programa de TV de pago. La suscripción se realiza a través del mando a distancia, siendo el descodificador capacitado con Acceso condicional (CAM) el que realiza la petición de forma automática.

La guía de televisión interactiva, permite a los televidentes buscar por tema, título y horario. También se puede buscar un programa específico o, si se quiere, seleccionar todos los partidos de fútbol y/o telenovelas que dan en una determinada semana para, después, automáticamente, programar la televisión para que las grabe o le recuerde al televidente que están por comenzar. Para los que tienen miedo de perderse una parte de un programa mientras hacen zapping durante las propagandas, la guía les permite crear pantallas en miniatura (tipo Picture In Picture) para que puedan ver dos canales a la vez.

CAM (Conditional Access) es un sistema utilizado para el cifrado y descifrado (encrypted) de señales que permiten denegar el acceso a programas a los cuales el usuario no tiene derecho de acceso por no haber pagado los cánones correspondientes a la plataforma digital (ejemplos son Viaccess, Nagravision, Videoguard, Eurocrypt). DISH network en Estados Unidos y Sky en México y América Latina, usan ambos Nagravision.

QVBD (Quasi Vídeo Bajo Demanda). Emisión de una misma programación en varios canales de TV con un desfase de tiempo entre ellos. El usuario puede "avanzar" o "retroceder" en el programa simplemente cambiando de canal, o mediante la descarga en el decodificador del correspondiente programa, con las teclas de avance o retroceso de su mando a distancia.

RC (Realización Conjunta). Emisión de un mismo programa simultáneamente en varios canales pero con distintos aspectos del mismo en cada canal (p.e. Cámaras ubicadas en distintos puntos del campo durante la retransmisión de un evento deportivo, varios finales distintos de una misma película, etc.). Puede estar asociado a los servicios de guía electrónica de programación y de IPPV.

No importa cuál sea el punto de vista. La realidad es que en los Estados Unidos, la televisión digital se está convirtiendo -para los pueden tenerla- en una de las adicciones tecnológicas más atrapantes de todas las aparecidas en los últimos tiempos. Para quien todavía no haya oído hablar de DTV, algunos datos sobre sus prestaciones bastan para diferenciarla de lo que la mayoría del planeta conoce hoy como TV. Para empezar, para distribuir la TV digital, las compañías de cable utilizan líneas de fibra óptica que les permiten transmitir cientos de canales simultáneamente y ya no sólo 80 o 100. Además, ofrece una guía de programación online, 39 frecuencias musicales y, desde el vamos, la posibilidad de ver dos canales de TV al mismo tiempo. Recién entonces, cerrando el paquete, aparece lo más interesante: un acceso a Internet de alta calidad.

De la misma manera que la televisión transformó la cultura hace medio siglo, DTV ya parece encaminada a reformular la forma de ver televisión. Y no sólo eso: también parece destinada a favorecer a las empresas que pueden generar dinero a partir de su masificación. Para muchos consumidores, todo se reduce a la obtención de un mejor sonido y una mejor imagen. Otro grupo declara que la utiliza para hacer negocios, porque les permite acceder a los canales que necesitan (Bloomberg TV, por ejemplo, para los señores de Wall Street). Y aunque no hay cifras, según los ejecutivos del servicio, la provisión de acceso a Internet generó tantos clientes como la oferta televisiva.

II. EL SISTEMA ATSC

2.1 Codificación de la señal de Video

2.1.1 Codificación de fuente

La codificación de fuente se refiere a los métodos de reducción de la tasa de bits, también conocida como compresión de video, audio y datos complementarios. El término datos complementarios incluye control de datos, acceso condicional al control de datos, y datos asociados con los servicios de programación de servicios de audio y vídeo, tales como closed captioning (subtitulación codificada), también puede ser referido como servicios de datos y programa independiente.

Esta codificación involucra sólo las características de la fuente, por lo que el canal de comunicación no tiene influencia en ella. Se aprovecha la redundancia inherente de la señal de fuente para reducir la cantidad de datos que deben ser transmitidos. En ausencia de errores de transmisión, la calidad de imagen debe ser tal que ofrezca codificación de reducción de datos redundantes a una tasa de bits baja. Tal calidad no es constante ya que es altamente dependiente de los contenidos particulares del material que pretende ser codificado.

2.1.2 Compresión de video

La necesidad de compresión de video tiene como objetivo reducir la tasa de bits, principalmente en el almacenamiento, durante la etapa de producción del programa de televisión, por lo que no es necesaria una reducción muy grande, solo la suficiente para que los equipos no sean tan costosos y no sean necesarios tantos recursos de almacenamiento, manteniendo una calidad de imagen superior a los formatos actuales analógicos.

Bajo las premisas anteriores, cada fabricante puede ofrecer equipos con ciertas características que son deseables, según las necesidades de cada productora, normalmente se tiene un compromiso entre costo del equipo y calidad de imagen del mismo.

Normalmente, si se llega a la elección de un formato, en especial en la producción, se acostumbra comprar todos los sistemas necesarios en ella del mismo formato y fabricante, aunque no sean compatibles con los de otros fabricantes, porque es un proceso interno, solo es necesario que el producto final sea compatible con el formato que se transmite, es en este punto en el que si es necesario tener un estándar de transmisión único para todas las productoras que transmiten al público por medio de un canal abierto.

En el caso de la transmisión de televisión digital, los sistemas propuestos, son principalmente el ATSC (para Estados Unidos) y DVB (para Europa), se basan en el sistema de compresión de video y audio denominada MPEG-2.

La necesidad de comprimir el video y audio en la etapa de transmisión al telespectador surge por el gran ancho de banda necesario para la transmisión bajo la norma ITU R.601, que nos da un flujo de 270 Mbps solo para el video. Aún con la compresión utilizada durante la producción, con la que se tienen flujos de 25 y 50 Mbps, sigue siendo necesario un gran ancho de banda del canal porque se deben agregar el audio y señales necesarias para que el receptor pueda interpretar el tren binario que está recibiendo.

Para lograr que la transmisión de audio y video digital, que tiene una calidad visual superior a la señal de televisión tradicional, es necesario reducir el ancho de banda de la señal. Al digitalizar una señal analógica (de audio o video) se tendrá un incremento en el ancho de banda de la señal resultante, ya que la frecuencia de muestreo debe ser por lo menos dos veces mayor a la frecuencia máxima de la señal analógica.

$$f_s \geq 2f_a$$

Además, si la señal llevara mayor información, ya sea visual o sonora, esto implica también un incremento en el ancho de banda de la señal. Si el objetivo es aprovechar al máximo el espectro radioeléctrico otorgado para las transmisiones de televisión, no es posible transmitir la señal original de televisión en su formato original, es necesario el uso de un algoritmo y un proceso de compresión.

Para decidir el formato del proceso de compresión más adecuado, el Grupo de Expertos en Imágenes en Movimiento (MPEG), realizó un proyecto, del cual surgió el proceso de compresión que será descrito más adelante. Las organizaciones para el desarrollo de la televisión digital adoptaron la propuesta y la convirtieron en un estándar, el cual lleva su nombre en reconocimiento a la organización que lo desarrolló.

La primera versión, MPEG-1 fue concebida para mejorar la visualización de imágenes con un formato de 352x240 píxeles en una tasa de exploración de 30 cuadros por segundo (formato basado en NTSC) o 352x288 píxeles a 25 cuadros por segundo (formato basado en PAL), su publicación fue en 1991. Para 1994 se desarrolla MPEG-2 donde el objetivo era conseguir un formato de compresión capaz de soportar las necesidades de una transmisión de video entrelazado en tiempo real, como es el caso de la televisión.

El formato de compresión MPEG-2 se adaptó como estándar universal para los sistemas de televisión digital, entre otros aspectos, por su flexibilidad en los formatos de presentación ya que puede ser compatible con los formatos de televisión existentes de 25 cuadros por segundo (NTSC) y los formatos de 30 cuadros por segundo (PAL, SECAM).

La segunda fase de MPEG, llamada MPEG 2, también consta de tres partes o estándares, cubiertas por la: ISO/IEC 13818-1 Sistemas MPEG-2 (Draft ITU-T Rec. H.222), ISO/IEC 13818-2 Vídeo MPEG-2 (Draft ITU-T Rec. H.262) y ISO/IEC 13818-3 Audio MPEG-2. Estas fueron aprobadas finalmente como Estándar Internacional (IS) por la asamblea N° 29 de la ISO/IEC JTC1/SC29/WG11 (MPEG) hecha en Singapur en Noviembre de 1994.

El registro ITU-T H.262 trata con codificación de vídeo de alta calidad con posible vídeo entrelazado de NTSC, PAL o Televisión de Alta Definición (HDTV). Esto es un intento para operar en un rango de 2 a 15 Mbit/s. Sin embargo puede funcionar a velocidades superiores de 100 Mbit/s. Un amplio rango de aplicaciones, velocidades, resolución calidades de las señales y servicios son direccionados, incluyendo todas las formas de medios de almacenamiento digital, televisión (incluyendo HDTV), broadcasting y comunicaciones.

MPEG-2 puede describirse como una "caja de herramientas" de compresión más compleja que MPEG-1, por lo tanto, también puede ser considerada como una unidad superior: en efecto, toma todas las herramientas anteriores y le añade otras. Además, la norma prevé la compatibilidad ascendente, lo que significa que un decodificador MPEG-2 deberá decodificar trenes binarios elementales de la norma MPEG-1.

Entre las varias mejoras o extensiones introducidas en los codificadores MPEG 2, tenemos:

- Nuevos modos de predicción de campos y tramas para el escaneo entrelazado.
- Cuantización mejorada.
- Nuevos códigos intra-trama de longitud variable (VLC).
- Extensión escalada de resoluciones para compatibilidad, servicios jerárquicos y robustos, y
- Dos nuevas capas de sistema para multiplexaje y transporte que provee celdas/paquetes de vídeo de alta o baja prioridad, cuando son llevados a través de una red conmutada.
- Incrementos soportados por accesos aleatorios.
- Soporte resistente para incremento de errores.
- Múltiples programas con un multiplexor (MPEG 1 no puede hacer esto, y esto fue un driver principal para el MPEG 2).

Al igual que el H.261 y JPEG (Joint Photographic Expert Group), el estándar MPEG 2 es un esquema híbrido de compresión para imágenes en pleno movimiento que usa codificación inter-trama y codificación intra-trama y combina la codificación predictiva con la codificación con la transformada DCT 8x8 (Discrete Cosine Transform, o sea, transformada discreta de coseno). La DCT es un algoritmo matemático (conversión del dominio del tiempo hacia el dominio de la frecuencia), que es aplicado típicamente a un bloque de 8x8 elementos de imagen, dentro de un cuadro. La DCT elimina redundancia en la imagen a través de la compresión de la información contenida en 64 píxeles. El cuantizador otorga los bits para los coeficientes DCT más importantes, los cuales son transmitidos

El concepto de MPEG 2 es similar al MPEG 1, pero incluye extensiones para cubrir un amplio rango de aplicaciones. La principal aplicación destinada durante el proceso de definición de MPEG 2 fue todas las transmisiones de vídeo con calidad de TV codificadas a velocidades entre 5 y 10 Mbit/s.

Sin embargo, la sintaxis del MPEG 2 ha sido descubierta para ser eficiente para otras aplicaciones como las de altas velocidades binarias y velocidades de muestreo (HDTV). La característica más resaltante con respecto a MPEG 1 es la sintaxis para codificación eficiente de vídeo entrelazado.

Otras características más específicas (precisión 10 bit DCT DC, cuantización no-lineal, tablas VLC) son incluidas, y tienen un mejoramiento notable en la eficiencia de la codificación. Otra característica clave de MPEG 2 son las extensiones escalables las cuales permiten la división de continuas señales de vídeo dentro de dos o más cadenas binarias codificadas, representando el vídeo en diferentes resoluciones, calidades (por ejemplo SNR), o velocidades

2.1.3 Perfiles y niveles MPEG-2

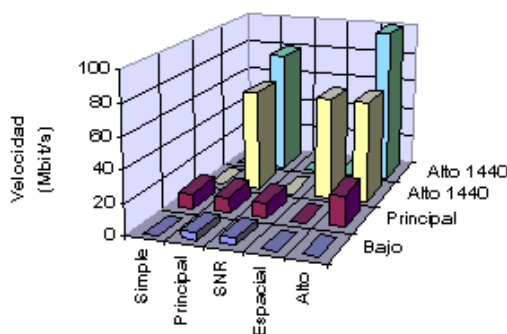
MPEG-2 es una recomendación muy compleja, tiene una larga variedad de combinaciones (sobre 10^6). Sin embargo, un reducido conjunto de combinaciones son definidas bajo "perfiles" y "niveles".

Dentro de los perfiles, una larga variedad de desempeños son posibles. Por otra parte los niveles son un conjunto de derivaciones impuestas para los perfiles. La combinación de un perfil y un nivel produce una arquitectura muy bien definida para una cadena particular de bit. Los perfiles limitan la sintaxis (por ejemplo los algoritmos), mientras los niveles limitan los parámetros (velocidad de muestreo, dimensiones de las tramas, velocidad binaria codificada, etc.).

- **Niveles:** proveen un rango de calidades potenciales, definen los máximos y mínimos para la resolución de la imagen, muestras Y por segundo (luminancia), el número de capas de audio y vídeo soportados por los perfiles escalados, y la máxima velocidad binaria por perfil. A continuación una explicación resumida de cada uno de ellos:
 - Nivel Bajo: tiene un formato de entrada el cual es un cuarto de la imagen definida en el registro ITU-R 601.
 - Nivel Principal: tiene una trama de entrada completa definida en el registro ITU-R 601.
 - Nivel Alto 1440: tiene un formato de alta definición con 1440 muestras por línea.
 - Nivel Alto: tiene un formato de alta definición con 1920 muestras por línea (para aplicaciones sin cualquier limitación en velocidades de datos).
- **Perfiles:** son definidos subconjuntos con características de sintaxis (por ejemplo: algoritmos), usados para converger la información. Hay cinco diferentes perfiles y cada uno es progresivamente más sofisticado y agrega herramientas adicionales (y por supuesto más costoso para el cliente) con la característica adicional de ser compatible con el anterior. Esto significa que un decodificador equipado con un alto perfil descodificará perfiles simples. A continuación una pequeña explicación de los perfiles:

- Perfil Simple: es el que ofrece pocas herramientas.
- Perfil Principal: tiene herramientas extendidas o mejoradas del perfil simple y predicción bidireccional. Tendrá mejor calidad para la misma velocidad binaria que el perfil simple.
- Perfil Escalable SNR y Perfil Escalable Espacial: son los próximos pasos. Estos dos niveles son llamados escalables porque ellos permitirán codificar datos de vídeo que sean particionados dentro de una capa base y una o más señales "Top-up". La señal Top-up puede tanto tratar la relación S/N (SNR escalable) o la resolución (escalable espacial).
- Perfil Alto: este incluye todas las herramientas de las versiones anteriores y mejoradas. Tiene la habilidad de codificar diferencias de color entre líneas simultáneamente. Este es un súper sistema diseñado para aplicaciones donde no están contraídas sobre las velocidades de los bits

Para muchas de las aplicaciones (incluyendo transmisión de satélites) el Perfil Principal, Nivel Principal (MP@ML, siglas en ingles) provee una buena relación entre calidad de imagen y la complejidad VLSI, como resultado, MP@ML el punto de desarrollo para los actuales sistemas DCTV. El siguiente gráfico es un resumen o representa de todas las combinaciones entre perfiles y niveles. También muestra las máximas velocidades de datos para cada combinación:



Máximas velocidades de datos para MPEG 2 y combinaciones recomendadas para perfiles y niveles.

MPEG-2 se puede utilizar en un vasto rango de aplicaciones, requiriendo diferentes grados de complejidad y desempeño.

NIVELES				
Nivel	Muestreo max dimensiones fps	Pixeles/sec	Tasa de transmisión max	Significado
Bajo	352 x 240 x 30	3.05 M	4 Mb/s	CIF, consumer tape equiv.
Principal	720 x 480 x 30	10.40 M	15 Mb/s	CCIR 601, estudio de TV
Alto 1440	1440 x 1152 x 30	47.00 M	60 Mb/s	4x 601, consumidor HDTV
Alto	1920 x 1080 x 30	62.70 M	80 Mb/s	produccion SMPTE 240 std

		PERFILES					
		Simple	Principal	4:2:2	SNR	Espacial	Alto
NIVELES	Alto		4:2:0 1920 x 1152 80Mb/s				4:2:0 o 4:2:2 1920 x 1152 100Mb/s
	Alto 1440		4:2:0 1440 x 1152 60Mb/s			4:2:0 1440 x 1152 60Mb/s	4:2:0 o 4:2:2 1440 x 1152 80Mb/s
	Principal	4:2:0 720 x 576 15Mb/s Sin B	4:2:0 720 x 576 15Mb/s	4:2:2 720 x 608 50Mb/s	4:2:0 720 x 576 15Mb/s		4:2:0 o 4:2:2 720 x 576 20 Mb/s
	Bajo		4:2:0 352 x 288 4Mb/s		4:2:0 352 x 288 4Mb/s		

Niveles y perfiles de MPEG-2

Un perfil simple no soporta una codificación bidireccional y de este modo solo genera imágenes I y P. Esto reduce la tasa de compresión simplificando el codificador y el decodificador; permitiendo un sencillo hardware. Un perfil simple solamente está definido en el nivel principal como (SP@ML). El perfil principal corresponde actualmente al mejor compromiso entre calidad/tasa de compresión, utilizando los tres tipos de imágenes (I, P y B), a costa de un codificador y decodificador, más complejos.

Modos escalables

Actualmente hay cuatro modos escalables en MPEG 2. Estos modos rompen el vídeo MPEG 2 en diferentes capas (base, media, y alta) para propósitos de priorización de datos de vídeo. Otro propósito de la escalabilidad es para divisiones complejas. Por ejemplo, en HDTV, la alta prioridad de la cadena binaria (720x480) puede ser descodificada bajo condiciones de ruido donde la baja prioridad (1440x960) no pueda.

A continuación una breve explicación de los modos escalables:

- Escalabilidad espacial: Este método de dominio espacial codifica la capa base a una dimensión de muestro bajo (por ejemplo: resolución) que las capas superiores. Las capas bajas (base) reconstruidas del muestro son usadas como predicción de las capas superiores.
- Particionamiento de datos: es un método de dominio de frecuencia que rompe los bloques de 64 coeficientes cuantizados de la transformada dentro de dos cadenas binarias. La primera, cadena de alta prioridad contiene los coeficientes más críticos de las frecuencias bajas e información (tales como valores DC, vectores, etc.), la segunda, cadena binaria de baja prioridad lleva datos AC de las altas frecuencias.
- Escalabilidad SNR: es un método de dominio espacial donde los canales son codificados a velocidades de muestreo idénticas, pero con diferentes calidades de imágenes. La cadena binaria de alta prioridad contiene datos de la capa base que pueden ser añadidos a la capa de refinamiento de baja prioridad para construir una imagen de alta calidad.
- Escalabilidad temporal: Un método de dominio temporal usado por ejemplo en vídeo estereoscópico. La primera, la cadena binaria de alta prioridad codifica vídeo a una baja velocidad de tramas, y las tramas intermedias pueden ser codificadas en una segunda cadena binaria usando la reconstrucción de la primera cadena binaria como predicción. Por ejemplo en una visión estereoscópica, el canal de vídeo izquierdo puede ser predicho del canal derecho.

Los perfiles escalables (código jerárquico) están previstos para operaciones posteriores y permitirán transmitir una imagen básica (base layer) en términos de resolución espacial (spatially scalable profile) o de cuantificación (SNR scalable profile), así como información

suplementaria independiente (enhanced layer) que permite mejorar sus características, por ejemplo para transmitir la misma emisión en definición estándar y HD (High Definition), o permitir una recepción con calidad aceptable en caso de recepción difícil y de calidad óptima en buenas condiciones (por ejemplo, para la televisión digital terrestre).

2.1.4 Predicción Inter-trama y compensación de movimiento

Modos de predicción específicos MPEG-2 (imágenes entrelazadas)

Dependiendo del trabajo a realizar, estas pueden ser tratadas de manera diferente según la importancia de los movimientos entre los dos campos de una misma imagen (los casos extremos son, por un lado, cuando se transmiten películas cinematográficas por televisión "telecine" donde no hay movimiento entre los dos campos de TV, puesto que proceden de la exploración del mismo fotograma de la película, y por otro lado, las imágenes de video de acontecimientos deportivos, donde puede haber importantes movimientos entre los dos campos de una imagen).

La figura 1 representa la secuencia temporal de la posición vertical de las líneas de los campos sucesivos en un sistema entrelazado.

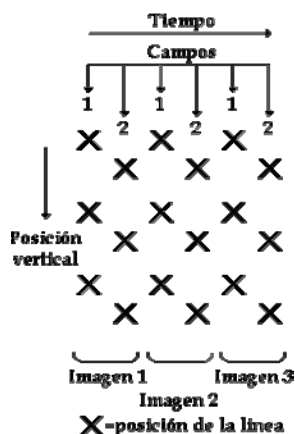


Fig. 1 Posición de las líneas de campos sucesivos en un sistema entrelazado

Para la codificación Intra de las imágenes entrelazadas, MPEG-2 permite elegir entre dos estructuras de imágenes llamadas frame (estructura "trama") o field (estructura "campo").

La estructura "Trama"

También llamada "progresiva", es apropiada para los casos donde hay poco movimiento entre dos campos sucesivos. Los bloques y macrobloques se dividen en la imagen completa (fig 2), y la DCT se efectúa, sobre puntos verticales que distan 20ms en el tiempo, lo que no plantea problemas si los dos campos difieren poco.

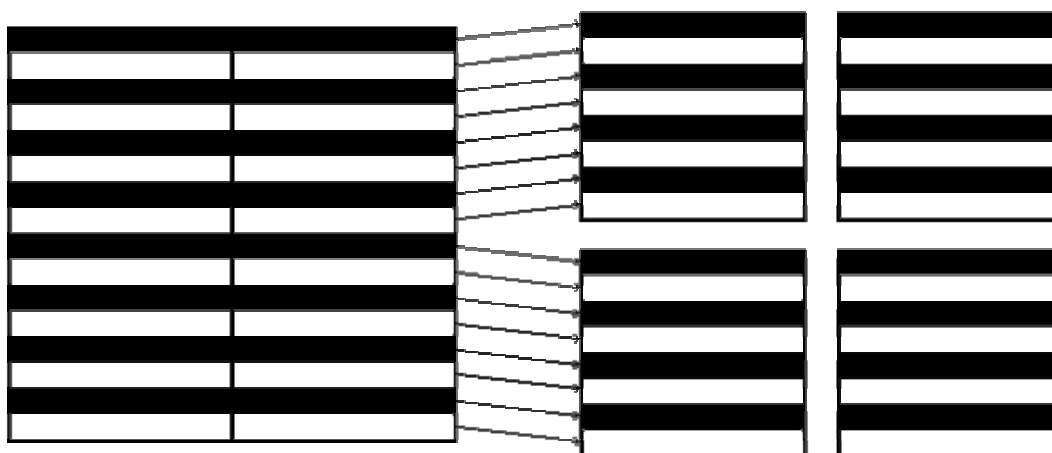


Fig 2 División de los macrobloques en bloques en modo imagen (frame)

En este caso, siempre es posible codificar los bloques de mayor animación en modo inter-campo, es decir, dividiéndolos en un campo.

La estructura "Campo"

También llamada "entrelazada", es preferible cuando el movimiento de un campo a otro es importante. En este caso, a fin de evitar un contenido en frecuencias verticales elevadas que reduciría la eficacia de la compresión tras efectuar la DTC, la división de los macrobloques se hace considerando cada uno de los campos como una imagen independiente en el interior del cual se toman los bloques. Ver figura 3.

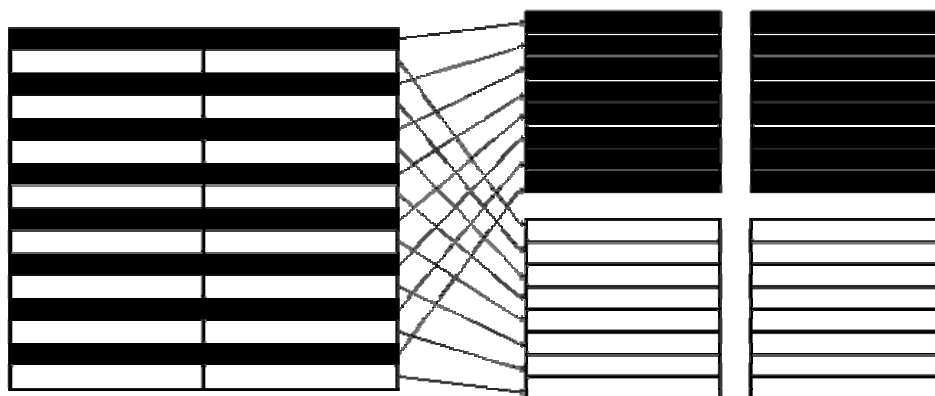


Fig 3 División de los macrobloques en bloques en modo campo (field)

2.1.5 Compensación de Movimiento

En cuanto a la estimación de movimiento, también hay varios modos previstos:

Un macrobloque puede predecirse en modo "trama", "campo" o "mixto"

- El Modo "Trama"

Un macrobloque formado en el campo impar sirve para predecir el bloque correspondiente del próximo campo impar, y lo mismo para los bloques del campo par, por tanto, la predicción se hace sobre un tiempo de 40 ms (2 campos).

- El Modo "Campo"

La predicción de un bloque se efectúa a partir de un bloque del campo anterior, entonces aquí, los vectores de movimiento corresponden a un tiempo de 20ms.

- El Modo "Mixto"

Los bloques se predicen a partir de dos bloques que corresponden a dos campos.

Compresión Intra-trama

Basada en la redundancia temporal. En la siguiente figura 4 puede verse dos movimientos consecutivos, que para transmitirlos utilizamos una gran cantidad de elementos de redundancia. Si bien nos ofrece un aspecto de cambio, el cambio es relativo ya que si nos fijamos, se mueven los ojos y la boca, pero que pasa con el pelo, las mejillas, cara... etc. Por que enviar toda esa información que no ha cambiado, no sería mejor enviar solo los cambios.

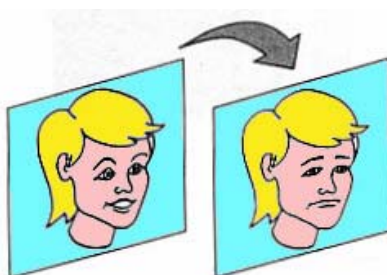


Figura 4

La esencia de esta compresión, es mirar elemento por elemento individualmente entre escenas. Para ello utiliza la DCT, que divide en bloques los elementos de la imagen, típicamente en matrices de 8x8 píxeles. Un bloque compuesto por un grupo de 8x8 con valores que representan información de la crominancia y luminancia de parte de la imagen. Los bloques de información son agrupados dentro de macro bloques consistentes en cuatro bloques de información de luminancia, por lo tanto cada macro bloque está formado por 16 píxeles x16 líneas con valores de luminancia y un número de bloques de 8 píxeles x 8 líneas de crominancia.

Estos que representan cada una de las diferencias de color (CB) o (CR). Para el formato de crominancia 4:2:0, son usados dos bloques de crominancia uno para (CB) y otro para (CR). Para el formato de crominancia 4:2:2, son usados cuatro bloques de crominancia dos para (CB) y dos para (CR). Para el formato de alta calidad 4:2:4, son usados ocho bloques de crominancia cuatro para (CB) y cuatro para (CR).

Varios de los macro bloques son agrupados en secuencias conocidas como "rebanadas" (Slices). Estas rebanadas combinados crean un fotograma. Las rebanadas son usadas para posibles detecciones de errores.

2.1.6 DCT (Transformada Coseno – Discreta)

La siguiente imagen (figura 5) contiene una gran cantidad de redundancia espacial, información innecesaria, la cual puede se borrada antes de la transmisión. Un ejemplo es el bloque 8x8 marcado, en una pequeña área del cielo. Contiene muestras idénticas de luminancia y crominancia.



Figura 5

La DTC es un algoritmo de compresión, el cual consiste en transformar un arreglo de datos de dos dimensiones en el dominio del tiempo hacia sus componentes en el dominio de la frecuencia. La DCT aplica el principio de la transformada rápida de Fourier, la cual indica que es posible obtener una representación muy aproximada de una señal física a través de un número finito de coeficientes de frecuencia, mediante la obtención de valores discretos de su espectro en el dominio de la frecuencia, los cuales representan una serie finita de cosenos.

Los valores que contienen la información de la imagen están colocados en realidad en tres matrices, donde cada matriz corresponde a uno de los componentes de la señal Y , C_r y C_b . Para poder realizar la DCT, es necesario segmentar cada matriz de valores en segmentos bien definidos. La segmentación de imagen se tiene que realizar en bloques cuadrados y cuyas dimensiones sean potencias de 2, esto es como condición de la DCT. Para este caso se utilizó el valor de 8, por lo tanto a la imagen segmentada en bloques de 8x8 pixeles.

En la siguiente figura se observa que para trabajar con los datos que componen la señal de video digital, se utiliza un esquema que agrupa los datos en una matriz de segmentación de 8x8.

El resultado de esta transformada es una matriz de las mismas dimensiones que tiene la matriz de segmentación con sus respectivos coeficientes espectrales, en el dominio de la frecuencia. Una característica que tiene la matriz $F(u,v)$ es que muestra el hecho de que una imagen generalmente concentra su información en segmentos de tonalidad uniformes, lo que implica que está compuesta por componentes de frecuencias bajas.

La (DCT) Discrete Cosine Transform, convierte los valores de los pixeles del bloque de datos desde el tiempo de dominio a la frecuencia de dominio. El proceso se aprovecha de la correlación que existe entre muestras del mismo bloque.

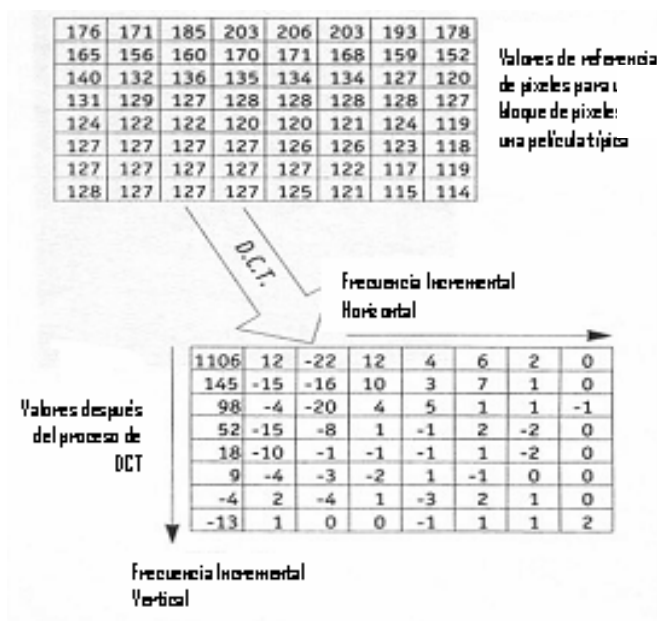


Figura 6

Estos resultados situados en una matriz, donde los datos representan los coeficientes de los componentes de la frecuencia, cada coeficiente representa la amplitud de un patrón específico dentro del bloque.

La real reducción de bits, comienza cuando cada componente de frecuencia es cuantificada y situado dentro de una progresión de valores enteros.

Dependiendo de estos niveles, dependerá la resolución. La entrada analógica más complicada puede ser cuantificada, lo que pasa que entonces necesitaremos más valores.

Cuantización de Coeficientes

Se han realizado estudios que han demostrado que el ojo humano es menos sensible a los cambios rápidos de contorno (las frecuencias altas) que a los cambios de matiz (las frecuencias bajas), por lo que al momento de eliminar la información menos importante la imagen es preferible que sea la que pertenece a las frecuencias altas, ya que si produjese un error, el ojo humano sería poco sensible para apreciarlo.

El sistema visual humano no necesita los infinitos valores de brillo que nos ofrece una imagen analógica, solamente serían necesarios unos cuantos como 256. No es necesario transmitir niveles de luminancia con un alto nivel de precisión y el rango de valores que necesitamos codificar para los coeficientes que han de salir de la DCT, pueden estar restringidos a un limitado número de pasos.

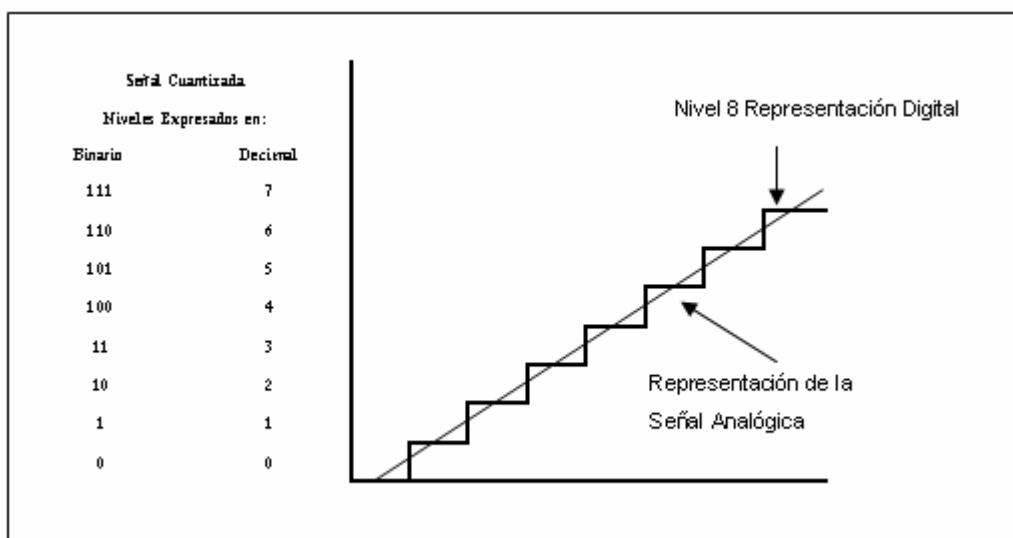


Figura 7

Con estas consideraciones, es necesario darle un nivel de importancia distinto a cada coeficiente obtenido, por lo cual se realiza una cuantización. La cuantización se realiza dividiendo los coeficientes de la matriz DCT con una matriz de cuantización; después se toma el valor entero más cercano y nuevamente se multiplica por la matriz de cuantización. Los valores que presenta esta matriz de cuantización son el resultado de estudios de la estadística de diversos bloques en distintas imágenes; los valores que aparecen en la figura 7 se recomiendan para inicializar la matriz de cuantización

Dos bits de resolución nos dan un total de 4 niveles por lo tanto mayor error, en cambio con tres bits obtenemos un total de 8 niveles, pero hemos de transmitir 50% más de información. Después del proceso de cuantificación de amplia precisión de la DCT, algunos coeficientes se habrán perdido, pero no es demasiado importante, hay suficiente información para producir una buena calidad de la imagen. Si por ejemplo los resultados numéricos son 1.88, 3.92, 7.96 después de la cuantificación retomarían otros valores discretos como 2, 4 y 8. La cuantificación no es lineal y es diferente dependiendo de cual es la posición de cada coeficiente en la matriz. El ojo y el cerebro humano son tolerantes a los errores de cuantificación, normalmente se escogen patrones de no mucha resolución debido al ruido en las altas frecuencias, por lo que los coeficientes pueden resultar un poco redondeados. La información en las bajas frecuencias es llevada con mucho detalle y los valores en la parte izquierda de la parte más alta de la matriz (representan la componente DC de la imagen), son enviados con un alto nivel de resolución. Desde las altas frecuencias el ruido es menos visible, un alto nivel de errores puede ser tolerado por los coeficientes que representan las componentes en alta frecuencia.

Para dar la importancia que se merece a cada frecuencia, cada uno de los coeficientes son escalados un factor, antes de la cuantificación. Y así dar mayor peso a unos u otros coeficientes. Luego estos coeficientes son dinámicamente variados encima de los datos que hay en el buffer en ese mismo instante. Finalmente después de la cuantificación y el proceso de escalado, muchos de los coeficientes del bloque de 8x8 llegarán a valer 0, particularmente los relativos a las altas frecuencias. Se produce entonces una transformación de una matriz de dos dimensiones a una serie unidimensional, para ello se usa un proceso de escaneo llamado Zig-Zag.

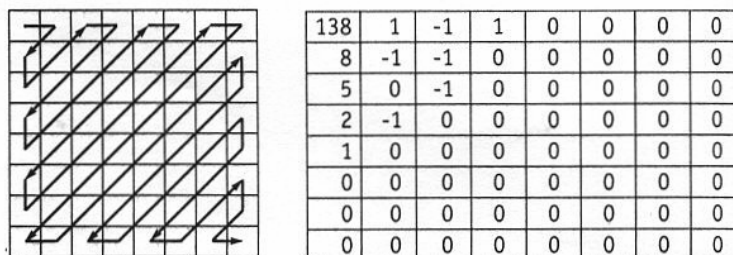


Figura 8

El código de salida después del escaneo Zig-Zag sería para el ejemplo (138,1,8,5,-1,-1,1,-1,0,2,1-1,-1,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0...etc.).

Así la importancia de los coeficientes de la matriz depende de cuantos más situados a la izquierda y arriba de la matriz están. Las primeras partes del flujo de bits resultante serán muy importantes para la reconstrucción de la imagen. Como vemos algunos de los bits son cero, por lo que podrán ser codificados minimizando la cantidad de información.

Codificación de elementos sucesivos Idénticos (RLC Run Length Code)

Aprovechando las dos características anteriores, la disminución de los coeficientes hacia cero se puede acelerar para obtener la mayor cantidad de ceros continuos en nuestro bloque de coeficientes, con lo que se envía un solo cero y la indicación de cuántos le siguen, disminuyendo la cantidad de bits a transmitir por éste concepto, ésta codificación se denomina RLC (Run Length Code).

Codificación de Longitud Variable (VLC Variable Length Code)

Otra forma de codificación que se le agrega, consiste en asignarle al coeficiente no su valor real en PCM, sino un código que represente éste valor, cuya longitud dependerá de la frecuencia de aparición en nuestro bloque, éste método de codificación se denomina código de longitud variable (VLC= Variable Length Code), de los cuales el más popular es el código de Huffman, que asigna el código de mayor longitud al coeficiente que aparezca menos, y el de menor longitud al más frecuente, en el caso que nos interesa, se ha concluido que los valores mayores de coeficientes son los que menos aparecen, asignándoles los códigos de mayor longitud, en tanto que los más frecuentes son los de menor valor, con lo que se les asigna un código más corto, dejándose el primer coeficiente(componente de DC) tal como está, por ser el más importante de los 64, estadísticamente se ha demostrado que con éste método de codificación se obtiene un menor flujo total de bits, con lo que se logra el objetivo final.

Codificador de Video MPEG

La figura siguiente muestra un codificador MPEG convencional, con coeficientes de cuantificación de elevado peso; que al codificar una imagen la genera con una moderada razón señal a ruido. Después esta imagen al ser decodificada y sustraída de la imagen original pixel a pixel da como resultado una imagen de "ruido de cuantificación". Esta imagen puede ser comprimida y transmitida como una imagen de ayuda. Un simple decodificador solo decodifica la imagen principal, con un flujo de bit con ruido de cuantificación, pero un decodificador más complejo puede decodificar ambas imágenes con diferentes flujos de bits y combinarlos para producir una imagen con bajo ruido. Este es el principio del perfil SNR escalable.

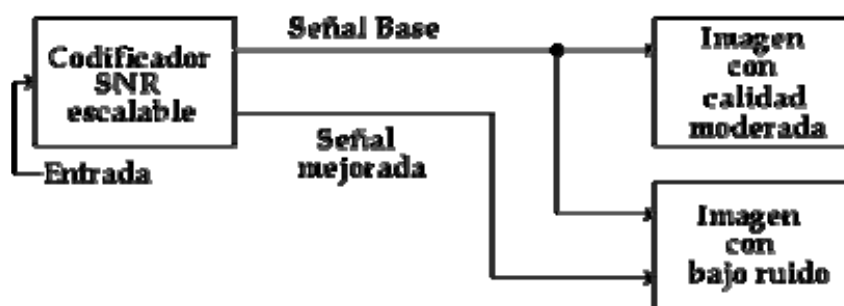


Figura 9 Codificación escalable SNR

Como otra alternativa, la figura 9 muestra que por solo codificar las frecuencias espaciales bajas en imágenes HDTV, parte del flujo de bits puede ser reconstruido por un receptor con codificador para SDTV (Standard Definition TeleVision). Si una imagen de baja definición es localmente decodificada y sustraída de la imagen original, se produce entonces una imagen de "realce de definición", esta imagen puede ser codificada en una señal de ayuda. Un decodificador de forma conveniente podría combinar las señales principales y de ayuda para recrear la imagen HDTV. Este es el principio del perfil de escalabilidad espacial.

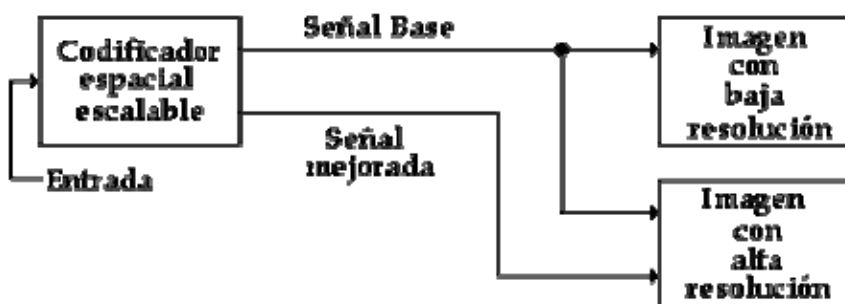


Figura 10 Codificador espacial escalable

El perfil high (alto) soporta tanto el SNR y la escalabilidad espacial como también la opción de muestreado 4:2:2.

El perfil 4:2:2 se ha desarrollado para proveer compatibilidad con los equipos de producción digital de televisión existentes. Este perfil admite trabajar con 4:2:2 sin requerir una complejidad adicional si se usa en el perfil alto. Por ejemplo, un decodificador HP@ML debe soportar escalabilidad SNR que no es requerida en la producción de televisión digital. El perfil 4:2:2 tiene la misma libertad de escoger su estructura de GOP (Group Of Pictures) como en otros perfiles, pero en la práctica este usa comúnmente GOPs cortos de edición sencilla. La operación 4:2:2 requiere una mayor velocidad en la transmisión del bit que una operación 4:2:0, y el uso de pequeños GOPs requiere también de mayores velocidades de transferencia de bits para proporcionar calidad en sus imágenes.

- El nivel bajo corresponde a la resolución SIF utilizada en el MPEG-1.
- El nivel principal corresponde a la resolución 4:2:0 "normal" (de hasta 720 pixeles x 576 líneas).
- El nivel alto-1440 (alto-1440) está destinado a la HDTV (de hasta 1440 pixeles x 1152 líneas).
- El nivel alto está optimizado para la HDTV (de hasta 1920 pixeles x 1152 líneas).

Según el compromiso de calidad/flujo de bits perseguido y la naturaleza de las imágenes, el flujo de bits estará comprendido entre los 4 Mbits/s (calidad equivalente a la de una imagen codificada en PAL o SECAM) y los 9 Mbits/s (calidad próxima a la de una imagen de estudio CC1R-601).

Todo el proceso de codificación de las imágenes animadas para MPEG-1 se aplica a MPEG-2 (MP@ML), especialmente la jerarquía de capas (desde el bloque hasta la secuencia de la Figura 11).

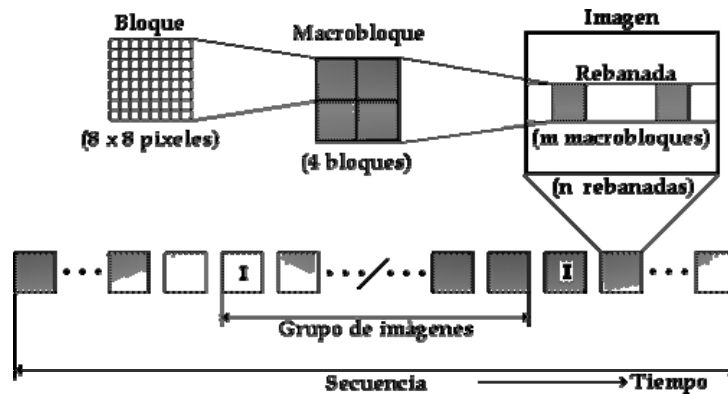


Figura 11 Jerarquía de capas de la secuencia

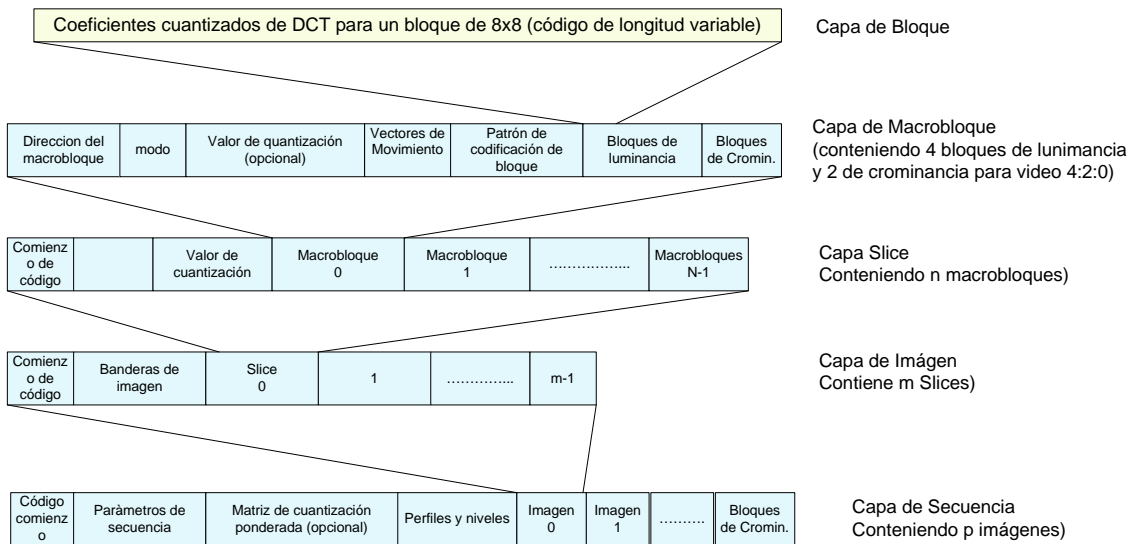


Figura 12

La principal novedad con respecto a MPEG-1, además de los perfiles y niveles, provienen del tratamiento de las imágenes entrelazadas.

Tramas I, B y P

El sistema MPEG utiliza tres tipos de memorias para tramas, que son guardados para posibilitar una predicción temporal de pérdidas o tramas incompletas que recibe el receptor.

Tramas I: Usa decodificación intra-trama para el cálculo de los detalles contenidos en una única e individual trama comprimida antes de la transmisión, no está por lo tanto por las demás adyacentes escenas. No depende de otras tramas y es el punto donde comienzan los decodificadores a trabajar con un grupo de escenas, que contienen una secuencia.

Tramas P: Usa una sencilla reconstrucción previa de las tramas basada en cálculos de predicción temporal. Necesitan una memoria donde almacenar más de una escena. La trama P utiliza la trama previa más próxima (I o P) el cual es base para sus predicciones y es llamada Forward Prediction (Predicción Adelantada). La trama P servirá como referencia para las

futuras tramas P o B, pero si existieran errores en una trama particular P, iría a buscar futuras tramas derivadas de él.

Tramas B: Usan Interpolación bidireccional de predicción del movimiento para permitir al decodificador reconstruir una trama que esta alojada entre dos tramas reconstruidas. Las tramas B utilizan las tramas pasados y futuros para hacer predicciones, para ello necesitan más de dos tramas en memoria.

La secuencia de cuadros B y P comprendida entre dos cuadros I, incluyendo a estos últimos, es lo que se denomina grupo de imágenes (Group of Pictures, GOP), Esto se aprecia en la figura 13:

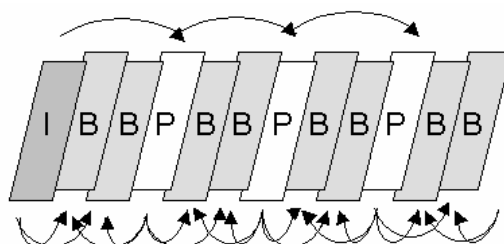


Figura 13 Como se integra un GOP con 12 imágenes: I, B y P.

2.1.7 Estructura de una codificación MPEG-2

Es posible describir el proceso general que realiza la compensación y codificación de fuente que realiza este estándar. La figura 14 muestra la codificación de fuente, que en este caso consiste en obtener la estimación de los vectores de movimiento para una secuencia de imágenes (con exploración entrelazada o progresiva) y la compresión de la información de la señal de video.

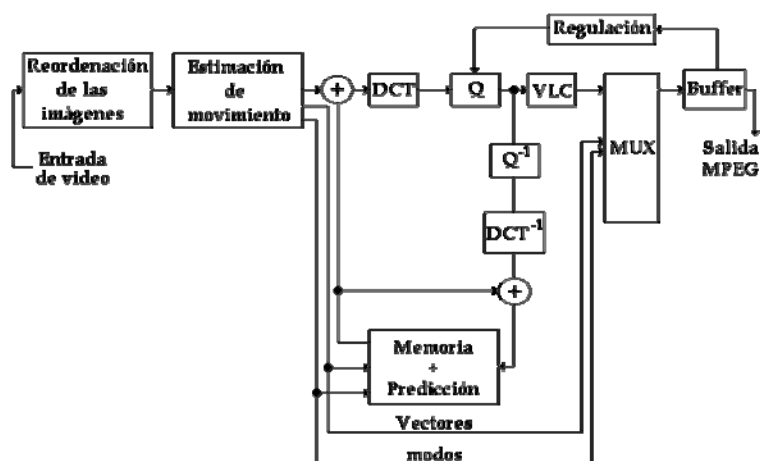


Figura 14 Diagrama de bloques general

Tren elemental paquetizado

Toda la información que resulta del proceso de compresión es ordenada y colocada en una estructura de datos conocida como Stream Elemental (ES) o Tren Elemental de video.

Los datos que lleva consigo el tren elemental no son sólo los bits de información de las imágenes, también llevan los valores de los coeficientes de la matriz de cuantización, un identificador de secuencia de video, un encabezado propio del stream elemental de video, etc.

Cabe mencionar que los valores propios de la imagen de video, con los cuales se reconstruye la imagen, y los valores de movimiento se encuentran únicamente en el campo datos de imagen.

Cabecera Secuencia	Extensión Secuencia	Extensión y datos de usuario	Cabecera GOP	Extensión y datos de usuario	Cabecera de imagen	Extensión de Código de Video	Extensión y datos de usuario	Datos de imagen	Fin de Secuencia
--------------------	---------------------	------------------------------	--------------	------------------------------	--------------------	------------------------------	------------------------------	-----------------	------------------

Figura 15 Configuración del ES de video bajo el formato MPEG-2 Video

2.1.8 Sistema MPEG-2 para ATSC

ANEXO C

Características del sistema de transporte y Servicios multiplexados

1. Resumen del sistema

El formato de transporte y el protocolo para el estándar de televisión digital es un subconjunto compatible de la especificación del sistema MPEG-2 definida en ISO/IEC 13818-1. Como lo muestra la figura 16, la función de transporte reside entre las funciones de codificación y decodificación de la aplicación (ejemplo audio y video) y el subsistema de transmisión. Los codificadores de subsistema de transporte son responsables por el formateo de flujos elementales codificados y multiplexar los diferentes componentes del programa por transmitir. El receptor, este es responsable por recuperar los flujos elementales para los decodificadores de aplicación individuales y por la correspondiente señalización de error. El subsistema de transporte también incorpora otra capa de protocolo más alta relacionada funcionalmente a la sincronización del receptor.

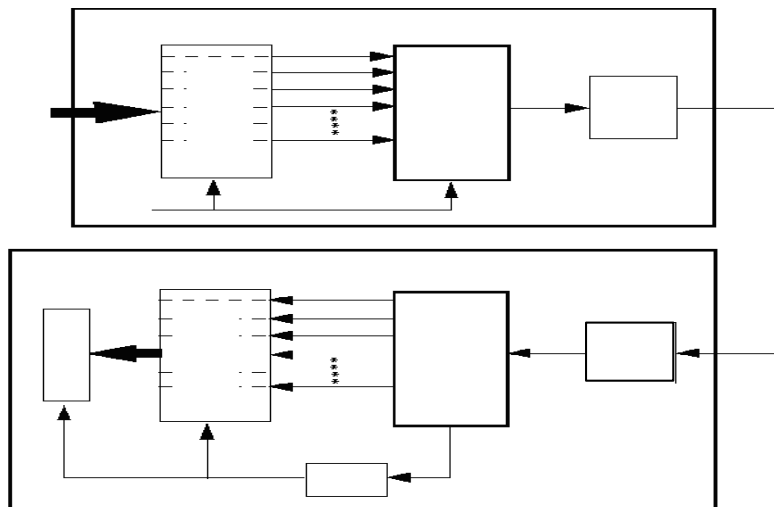


Figura 16

La figura 16 muestra la organización de funcionalidad en una pareja transmisor receptor para un programa particular. Como una opción de los radiodifusores, una base de datos guía de programas interactiva puede ser transmitida en el flujo de transporte.

Características de salida de transporte

Conceptualmente, la salida del sistema de transporte en flujo de transporte continuo MPEG-2 a una tasa constante de T_r Mbps cuando es transmitido en 8 VSB y $2T_r$ cuando es transmitido en un sistema 16 VSB donde

$$T_r = 2 \times \left(\frac{188}{208} \right) \left(\frac{312}{313} \right) \left(\frac{684}{286} \right) \times 4.5 = 19.39... \text{ Mbps}$$

y

$$\left(\frac{684}{286}\right) \times 4.5$$

Es la tasa de símbolos S_r en M símbolos por segundo para el subsistema de transmisión.

2.1.9 Sistema MPEG-4

MPEG-4 es un estándar internacional (ISO/IEC 14496) desarrollado por MPEG (Moving Picture Experts Group). La especificación de MPEG-4 fue finalizada en Octubre de 1998 y se convirtió en un estándar Internacional a principio del 1999. MPEG-4 Versión 2 se convirtió en un estándar Internacional a principios del 2000. Distintas extensiones han sido agregadas desde entonces, incluyendo MPEG-4 AVC.

La concepción MPEG-4 comenzó a definirse formalmente en la reunión de MPEG que se celebró en Bruselas en septiembre de 1993. Se trataba, en un principio, de elaborar una iniciativa orientada al desarrollo de procedimientos de codificación para sistemas con una velocidad de transmisión muy baja. Sin embargo, este objetivo con el tiempo se ha visto ampliado, de forma que, en la actualidad, el proyecto MPEG-4 está orientado a establecer mecanismos de codificación, eficientes y universales, para los distintos tipos de información audiovisual, denominados objetos audiovisuales. Dichos objetos pueden ser de origen natural y/o sintético. Para alcanzar este objetivo han de definirse dos elementos básicos:

1. Un conjunto de herramientas de codificación para objetos audiovisuales, capaz de dar soporte a diferentes funcionalidades, tales como la interactividad y la escalabilidad orientadas a objetos, la robustez frente a errores y la eficiencia de compresión.
2. Una descripción sintáctica de los objetos audiovisuales codificados, que proporcione un método formal para describir la representación codificada de dichos objetos, así como de los procedimientos empleados para su codificación.

Se pone así de manifiesto, desde el primer momento, la importancia que en MPEG-4 van a tener los conceptos de objeto audiovisual, funcionalidad y lenguaje de descripción sintáctica (MSDL), que más adelante serán tratados brevemente.

Nuevas funcionalidades

Existen ocho funcionalidades básicas relacionadas con la interactividad basada en el contenido, la compresión y el acceso universal y, por tanto, dentro del ámbito de interés de MPEG-4, cuyo soporte por otras normas ya existentes o emergentes no es totalmente satisfactorio. El conjunto de herramientas de codificación y el MSDL son precisamente los elementos que soportan dichas funcionalidades que a continuación se describen:

- Acceso a datos multimedia basado en contenido

Se desea habilitar el acceso a datos basado en contenido, mediante diversos procedimientos tales como indexado e hiperenlaces.

- Edición y manipulación del flujo de datos codificados basados en contenido

Se va a proporcionar un MSDL y unos esquemas de codificación, a fin de soportar la manipulación y edición de flujos de datos codificados sin precisar, para ello, de transcodificaciones. El MSDL debe ser suficientemente flexible para admitir extensiones en usos futuros.

- Codificación de datos híbridos naturales y sintéticos

Se pretende incluir métodos eficientes para combinar escenas u objetos sintéticos con escenas u objetos naturales, posibilitar la codificación y manipulación de datos de audio y vídeo sintéticos, y dotar al descodificador de procedimientos controlables para componer datos sintéticos con otros ordinarios, de forma que se admita la interactividad.

- Acceso temporal aleatorio mejorado

Se va a proveer a MPEG-4 de procedimientos que permitan acceder de forma aleatoria a partes de una secuencia audiovisual, con la limitación de tiempo correspondiente y con buena resolución temporal.

- Eficiencia de compresión mejorada

MPEG-4 deberá proporcionar, a las aplicaciones que lo precisen, la mejor calidad audiovisual posible, a una velocidad de transmisión determinada.

- Codificación de múltiples flujos de datos concurrentes

Se pretende facilitar la codificación eficiente de vistas o bandas sonoras múltiples y proporcionar mecanismos de sincronización para los datos codificados resultantes. En particular, se van a incorporar procedimientos para aplicaciones estereoscópicas, compatibles con audio y vídeo normales, que permitan explotar la redundancia existente entre diversos puntos de vista o audición, así como otros en los que no sea necesaria dicha restricción.

- Robustez en entornos con propensión a error

Se va a dotar al estándar de una robustez frente a errores (que le permita proporcionar acceso a aplicaciones que utilicen redes de acceso, tanto móviles como cableadas) y de medios de almacenamiento de datos. En concreto, suministrará una suficiente protección contra errores, en aplicaciones de baja velocidad con condiciones de error importantes (ráfagas largas de errores).

- Escalabilidad basada en contenido

Va a proporcionarse mecanismos para conseguir codificaciones escalables con granularidad en contenido, calidad y complejidad. Todo ello debe estar orientado a proporcionar escalabilidad basada en contenido a la información audiovisual.

Existen, además, otras funcionalidades nuevas o mejoradas relacionadas con la sincronización, el multiplexado de los datos, la seguridad, el formato y la calidad.

Codificación orientada a objetos

Una diferencia fundamental de MPEG-4, con respecto a otros sistemas de codificación, es el empleo de objetos audiovisuales. Un objeto audiovisual (AV) es la representación de un objeto real o virtual que se puede manifestar de forma visual o auditiva. Los objetos AV tienen frecuentemente carácter jerárquico, en tanto que pueden ser definidos como composiciones de otros objetos AV que se denominan, entonces, subobjetos. Los objetos AV que constan de diversos subobjetos son llamados objetos compuestos, se reserva la denominación de objetos AV primitivos para los que no cumplen dicha condición.

Dentro del ámbito de la codificación de vídeo, en MPEG-4 se usan Planos de Objetos de Vídeo (VOPs), entendiéndose por tales las instancias de un objeto de vídeo en un instante determinado de tiempo. La figura 17 muestra la concepción del sistema de codificación/descodificación resultante. De este procedimiento, debe destacarse la flexibilidad que supone el hecho de admitir procedimientos de codificación diversos para los distintos VOPs que componen la escena. En la práctica, un VOP consta de la información que se

incluye mediante un plano alfa (análogo a los que se emplean para soportar composiciones con transparencias parciales en infografía) y de la información codificada de los píxeles que componen el VOP. La información sobre la forma de los VOPs se obtiene en el proceso de edición, en el caso de imágenes sintéticas, y mediante conmutación de croma (Chroma Key) u otros procesos de segmentación, en el caso de imágenes naturales.

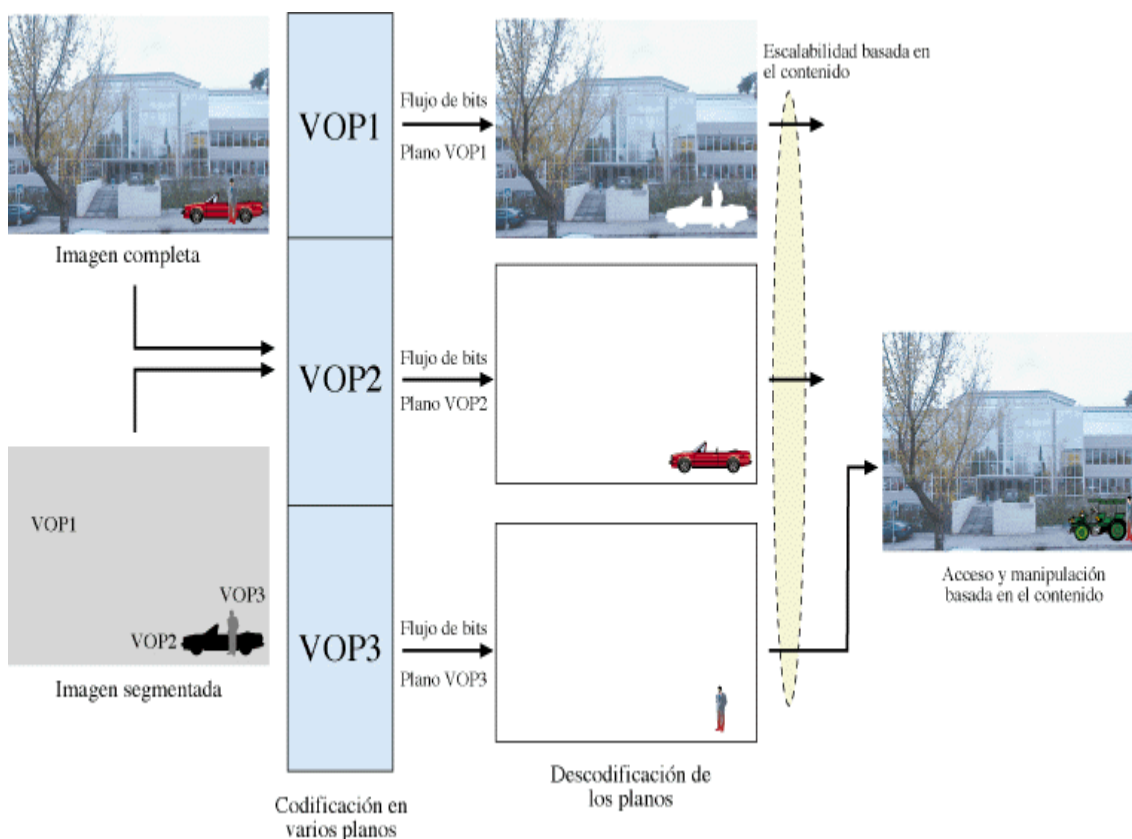


Figura 17: Estructura de un codificador MPEG-4 con planos de objetos de vídeo múltiples (obsérvese cómo se ha manipulado el contenido del automóvil)

El modelo de verificación

El grupo MPEG ha definido un modelo de codificador, conocido con el nombre de modelo de verificación (VM), con objeto de facilitar los trabajos para el desarrollo del estándar. El VM consta, en la actualidad, de: descripción del codificador y el descodificador, y una especificación de la sintaxis del flujo de datos codificados.

El codificador está basado en esquemas convencionales adaptados al caso particular de VOPs. Incluye, para ello, elementos que le permiten codificar la información sobre la forma del VOP contenida en el correspondiente plano alfa. Está prevista la posibilidad de disminuir la redundancia temporal, mediante un proceso de compensación de movimiento. Seguidamente, se efectúa una codificación de la textura del VOP que en la actualidad hace uso de la DCT-2d y admite el empleo de cuantificadores tipo H.263 y MPEG. Por último, se multiplexan todos los elementos recabados en el análisis, empleando procedimientos de representación diferencial y códigos de longitud variable para reducir al mínimo la redundancia en el flujo de datos codificados. Es importante destacar que en el codificador se ha previsto el empleo de procedimientos mejorados para la representación y compensación de movimiento, similares a los que se emplean en el estándar H.263. Asimismo, se pueden codificar VOPs empleando predicción bidireccional según los modelos H.263 y MPEG. Está prevista también la posibilidad de producir flujos de datos codificados con escalabilidad espacial o temporal empleando, para

ello, dos codificadores básicos MPEG-4 y un postprocesador específico. La idea básica consiste siempre en que el primer codificador MPEG-4 actúe sobre versiones de baja resolución (espacial o temporal) de la secuencia de entrada. Su salida se transforma, en caso de ser necesario, en el postprocesador y se emplea como información adicional por el segundo codificador MPEG-4 que debe dar lugar a un refinamiento de la secuencia codificada. La mezcla de ambos flujos de datos codificados se efectúa mediante un multiplexor MSDL.

La sintaxis del flujo de datos codificados es similar a la de las normas anteriores y tiene una representación jerárquica de cuatro capas.

El decodificador propuesto para MPEG-4 incorpora elementos de recuperación de forma de los VOPs, así como elementos para combinar los distintos VOPs en una imagen de salida. Por lo demás, es análogo a los decodificadores correspondientes a las normas anteriores.

El lenguaje de descripción de algoritmos

En MPEG-4 se ha otorgado siempre una importancia crucial a la flexibilidad del estándar. De hecho, se acepta que existirán tres niveles de capacidad de programación del decodificador. En el nivel más bajo o nivel 0, el decodificador no es programable y es capaz de proporcionar un algoritmo de decodificación seleccionable perteneciente a un abanico de posibilidades preestablecido. En el nivel 1, denominado flexible, el decodificador ofrece también una colección de herramientas estandarizadas que pueden configurarse remotamente de forma flexible en un algoritmo de decodificación. En el nivel superior, o nivel 2, denominado extensible, el decodificador suministra adicionalmente mecanismos para permitir la definición remota de nuevas herramientas y algoritmos de decodificación. En este contexto, se concibe inicialmente el MSDL (MPEG-4 Syntax Definition Language) como un instrumento para la descripción de algoritmos y de su sintaxis. Sin embargo, con el transcurso del tiempo MSDL ha pasado a desempeñar el papel de trama de sistema de MPEG-4. Define, para ello, todos los elementos necesarios para soportar la flexibilidad, la extensibilidad y las diversas funcionalidades MPEG-4 anteriormente revisadas. Con esta finalidad, en MSDL se otorga una importancia primordial tanto a los objetos audiovisuales representables, como a sus procedimientos de representación.

En MSDL se distinguen distintas facetas de interés:

- Una descripción global de la arquitectura del sistema MPEG-4. Abarca el papel que tal sistema puede desempeñar en una aplicación audiovisual y los objetos conceptuales que es posible intercambiar entre el codificador y el decodificador. Esta faceta se denomina MSDL-A (MSDL-Architecture).
- Una especificación de las clases de objetos que van a ser útiles para aplicaciones audiovisuales específicas, por lo que deben aparecer en el estándar. Esta área de trabajo recibe el nombre de MSDL-O (MSDL-Objects).
- Una descripción de un formato legible, apto para la transmisión de directrices de decodificación, que se denomina MSDL-R (MSDL-Readable).
- Una especificación de un formato ejecutable binario, para descripciones o directrices de decodificación, que constituirá el lenguaje binario ejecutable por el decodificador y se denominará MSDL-B (MSDL-Binary).
- Una especificación del lenguaje de descripción sintáctico que se va a emplear como un primer paso para describir la especificación de la sintaxis del flujo de datos codificado. Este ámbito de definición se llama MSDL-S (MSDL-Syntax).
- Una descripción del procedimiento de multiplexado para la información codificada conocida como MSDL-M (MSDL-Multiplex).

MPEG-4 SP y ASP

La primera versión de MPEG-4 fue el MPEG-4SP (protocolo simple) que fue pensado para los usos de bajo ancho de banda tales como acceso a Internet por línea de discado telefónica.

MPEG-4 SP utiliza tanto intra-cuadro como intra-campo para barrido progresivo o entrelazado y emplea compresión y DPCM (modulación de código de pulso diferencial) para asegurar la compresión óptima para cada tipo de vídeo.

MPEG-4 ASP (protocolo simple avanzado) incluye un número de características adicionales incluyendo.

- Compensación de movimiento con 1/4 de exactitud de pel.
- Predicción bidireccional.
- Compensación de movimiento en la totalidad del área del cuadro.
- Compensación de movimiento por múltiples imágenes de referencia, comparada con solamente un cuadro anterior para codecs previos.

H.264 o MPEG-4 AVC MPEG-4

La parte 10 recientemente agregada, también conocida como MPEG-4 AVC (codificación video avanzada) o H.264, ofrece una compresión perceptiblemente mayor que sus precursores. Puede proporcionar vídeo de calidad DVD con un 40% inferior de la tasa binaria de MPEG-2 y se considera prometedor para vídeo a imagen completa terrestre, satélite, y conexiones ADSL de Internet. Es también uno de los codecs de video que se han elegido provisionalmente para el laser azul HD DVD.

H.264 hace uso las redundancias espaciales, temporales, y psycho-visuales para mejorar la eficiencia de la codificación de video. Las características adicionales contenidas en H.264 incluyen lo siguiente:

2.2 COMPRESION Y CODIFICACION DE AUDIO

Introducción

En los círculos profesionales el audio digital ha sido usado hace mas de una década. Con el advenimiento del disco compacto en 1983, el audio digital ha pasado a ser común entre los consumidores, y es un hecho que el audio digital ha significado una mejora de gran magnitud en todos los aspectos referentes a la calidad del sonido y a la señal sin ruidos, sobre los mejores sistemas analógicos que lo precedieron.

En esencia el audio digital es un proceso tecnológico donde una señal analógica (como la producida cuando ondas sonoras en el aire excitan un micrófono) es primeramente convertida en una secuencia continua de números o dígitos (o lo que es igual: a barras o ceros como cualquier computador) conocido como "Código Binario".

Una vez en formato digital la señal es extremadamente inmune a la degradación causada por ruidos del sistema o defectos en el medio, de almacenamiento o de transmisión, a diferencia de los sistemas analógicos precedentes. La señal de audio digitalizada es fácilmente grabada en una variedad de medios ópticos o magnéticos, en los cuales puede ser almacenada indefinidamente con la calidad original sin pérdidas.

La señal digitalizada es luego reconvertida a una señal analógica mediante la reversión del proceso de digitalización para poder ser escuchada por el oído humano, que es análogo.

En los sistemas de grabación y reproducción digital, cada una de estas funciones es ejecutada por separado. En sistemas de procesamiento de señales de audio digital (donde no se ejecutan

funciones de grabación - reproducción), ambos procesos de conversión: Analógico a digital y Digital a Analógico son hechos simultáneamente.

Para éstos sistemas es posible usar una variedad de técnicas, pero la más común se conoce como "modulación codificada de pulsos lineales" o su abreviatura en inglés: PCM (linear pulse code modulation).

La técnica del audio digital que al principio estaba confinada a la grabación y reproducción de música y de otras señales de audio, no ha hecho más que reemplazar la tecnología analógica precedente, hasta tal punto que los discos de vinilo prácticamente dejaron de fabricarse desde principios del decenio de los años 90 en los Estados Unidos y en algunos países Europeos. Es posible ya usar técnicas de transmisión digital en ondas de radio.

Esta última década del siglo hemos visto a la tecnología del audio digital reemplazar a la analógica en la mayoría de las funciones, tanto del campo profesional como del consumidor común.

Codificación de Audio Digital

Los métodos de codificación de audio que existen en la actualidad se basan en algoritmos de compresión y en codificación multicanal.

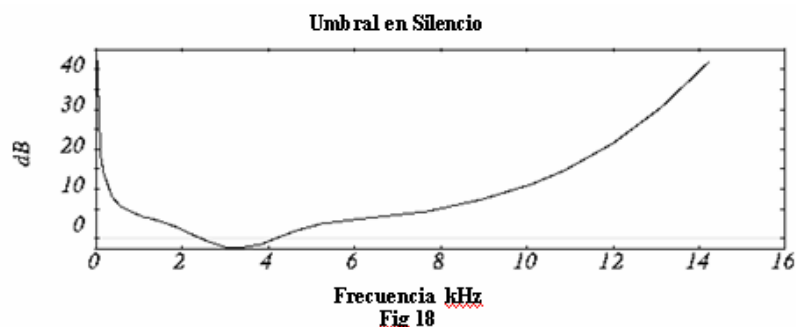
Los algoritmos de compresión de audio se fundamentan en aspectos perceptibles al oído humano. Básicamente son dos los fenómenos que son objeto de estudio y que han originado los métodos de compresión: Umbral en silencio.

- La curva de sensibilidad del oído
- El fenómeno de enmascaramiento

El oído humano detecta sonidos entre 20Hz y 20KHz. Pero su sensibilidad depende de la frecuencia del sonido, de esta forma, dos frecuencias con la misma potencia son interpretadas por nuestro oído de forma diferente, teniendo la sensación de que una es más fuerte que otra, o incluso, oír una y no la otra. La curva que indica cual es la potencia mínima (umbral) que nuestro oído detecta es la curva de sensibilidad:

Curva de sensibilidad (típica) del oído.

Podemos observar que nuestro oído es muy sensible a frecuencias entre 2 y 4KHz (aproximadamente). Además observamos que si la potencia de una cierta frecuencia no supera el umbral de la sensibilidad del oído, simplemente no la oiremos, por lo tanto no hace falta que la codifiquemos. Este es un primer paso en la compresión: eliminar las señales que no oiremos.

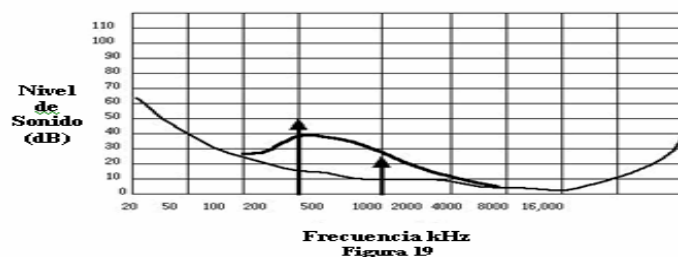


Existe otro tipo de señales que tampoco oímos: aquellas que son enmascaradas. Imaginemos una señal de 1KHz con un potencia tal que supera el umbral y que, por lo tanto, oímos. Si

aparece de forma simultánea otra señal de 0.5KHz y vamos aumentando su potencia llegará un instante en el que no oiremos la señal de 1KHz ya que ha sido enmascarada. Esto se debe a que la potencia de una señal hace que la sensibilidad del oído varíe, necesitando más potencia de las señales próximas en frecuencia para poder oírlas.

Fenómeno de enmascaramiento.

El enmascaramiento gana importancia cuando los sonidos son cercanos en frecuencia y la frecuencia enmascaradora es inferior que la enmascarada. Para poder cuantificar el fenómeno de enmascaramiento surge el concepto de banda crítica como el ancho de banda máxima alrededor de una frecuencia para que no haya enmascaramiento, por lo tanto, sólo se produce éste entre bandas contiguas. Además, estas bandas están distribuidas siguiendo una escala logarítmica, simulando la escala perceptiva del oído. Una escala de medida perceptual es la escala BARK que relaciona las frecuencias acústicas con la resolución perceptual de éstas.



Escala perceptual BARK.

A partir de esta escala de bandas de frecuencia y de un modelo psicoacústico se determinará que frecuencias se enmascaran y cuales no.

Además existe enmascaramiento temporal: cuando oímos un sonido de alta potencia y para de pronto, seguimos oyéndolo durante un breve instante de tiempo que puede enmascarar a otras señales.

2.2.1 Características de un sistema de audio para Televisión Digital

Presentación 3/2 del Estéreo

Cuando apareció el sonido estereofónico, supuso un cambio revolucionario al permitir integrar dos canales o fuentes de audio en el mismo soporte analógico. Actualmente se ha superado la limitación de los dos canales, si bien no se ha generalizado estas tecnologías, por lo que aun hoy, la mayoría de los reproductores siguen siendo solo estereofónicos.

Mono: sonido analógico de 1 canal, usado de forma básica para reproducir cualquier sonido. Se usa en la radio (onda media y onda corta).

Estéreo: sonido analógico de 2 canales (izquierdo y derecho). Formato estándar en todos los reproductores de audio actuales y emisiones de radio en frecuencia FM, más tarde se descubrió que para algunas señales, como por ejemplo diálogos en películas, la adición de un tercer canal central proporcionaba una mejor localización dentro de la escena.

Surround: también llamado sonido envolvente permite tener la sensación espacial con un tercer canal que se filtra de los dos únicos canales reales (izquierda y derecha). Dolby 3, Dolby Prologic, Dolby Surround (tres canales frontales –derecho, central e izquierdo- y uno mono para los traseros –derecho e izquierdo-), son marcas registradas de laboratorios DOLBY que reproducen este tipo de sonido analógico creando una sensación espacial con hasta 5 altavoces (pero solo 4 canales de audio). El sistema Prologic proyecta el diálogo directamente

desde la parte central, mientras la música y los efectos preceden de la parte frontal y posterior, lo que produce un entorno sonoro sumamente envolvente

Los sistemas de codificación de audio con calidad musical parten generalmente de señales digitales obtenidas mediante el muestreo a 44,1 kHz, con resolución de 16 bits por muestra de las señales originales, con lo que se consigue un margen de frecuencias de 20Hz a 20 kHz y un margen dinámico de 90 dB, que se adapta bien a la capacidad de percepción del oído humano. Este formato, sin otra codificación adicional, es el empleado en los Compact Disks y requiere un flujo de datos de 705 kbit/s por canal. Es posible reducir este flujo disminuyendo sólo la resolución de las muestras, con lo que se aumenta el ruido, o la frecuencia de muestreo, con lo que se reduce el margen de frecuencias.

2.2.2 Subsistema de audio dentro de un sistema de Televisión Digital

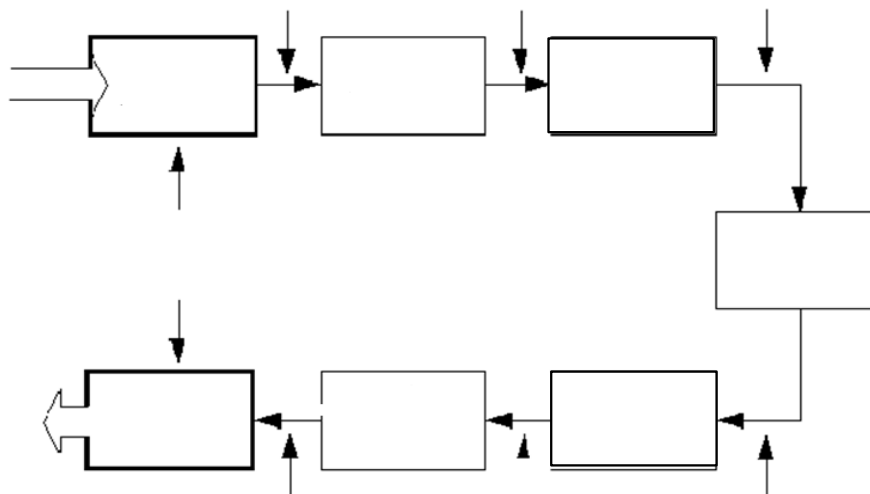
Anexo B (Normativa) Características del sistema de audio

1. Alcance

Este Anexo describe las Características del sistema de audio y las especificaciones normativas del Estándar de televisión digital.

Resumen Del Sistema

Como lo ilustra la siguiente figura, el subsistema de audio comprende la función de codificación/decodificación y reside entre la entrada/salida de audio y el subsistema de transporte. El codificador de audio es responsable por generar el torrente elemental de audio las cuales son representaciones codificadas de las señales de entrada de audio bandabase. En el receptor, el subsistema de audio es responsable por decodificar el torrente elemental de audio de regreso a audio bandabase.



Subsistema de audio en el sistema de televisión digital.

Especificación

Esta sección forma la especificación normativa del sistema de audio. El sistema de Compresión de audio conforma con el Estándar de Compresión de Audio Digital (AC-3), sujeto a las restricciones resaltadas en esta sección.

Restricciones con respecto al Estándar ATSC A/52

El sistema de codificación de audio de la televisión digital esta basado sobre el Estándar de Compresión de audio digital (AC-3) especificado en el cuerpo del documento ATSC A/52. Las

Restricciones sobre el sistema son mostradas en la Tabla 1 la cual muestra los valores permitidos de ciertos elementos sintácticos.

Tabla 1 Restricciones de audio

elemento sintáctico	Comentario	valor permitido
AC-3		
fscod	indica la tasa de muestreo	'00' (indica 48 kHz)
frmsizecod	Servicio de audio principal o asociado conteniendo todos los elementos de programa necesarios	'00' (indica 48 kHz)
frmsizecod	Servicio asociado a un canal particular conteniendo un elemento de programa único	£ '010000' (indica £ 128 kbps)
frmsizecod	dos canales de servicio asociado de diálogo	£ '010100' (indica £ 192 kbps)
(frmsizecod)	Tasa de bits de un servicio asociado y principal dados a ser simultáneamente decodificado	(total £ 512 kbps)
acmod	indica número de canales	³ '001'

Frecuencia de muestreo

El sistema transporta audio digital muestreado a la frecuencia de 48 kHz, amarrado al sistema de reloj de 27 Mhz. El reloj de muestreo de audio de 48 kHz esta definido como: (1) Tasa de muestras de audio a 48 kHz = (2 , 1125) (sistemas de reloj de 27 MHz)

Si una señal análoga es empleada, el conversor A/D debe hacer un muestreo a 48 Khz. Si una señal de entrada digital es empleada, la tasa de muestreo de entrada debe ser de 48 kHz, o el codificador de audio debe contener conversores de tasa de muestreo el cual convierte la tasa de muestreo a 48 Khz.

Tasa de bits

Un principal servicio de audio, o un servicio de audio asociado el cual es un servicio completo (conteniendo todos los elementos de programa necesarios) debe ser codificada a una tasa de bits menor o igual a 384 kbps. Un servicio asociado de canal particular conteniendo un elemento de programa particular debe ser codificado a una tasa de bits menor o igual a 128 kbps. Un servicio asociado de dos canales conteniendo únicamente diálogo debe ser codificado a una tasa de bits menor o igual a 192 kbps. La tasa de bits combinada de un servicio principal y un servicio asociado la cual es propuesta para ser decodificada simultáneamente debe ser menor o igual a 512 kbps.

Note que 1088 líneas son de hecho codificadas en orden de satisfacer el requerimiento de MPEG-2 que el código de tamaño vertical sea múltiplo de 16 (barrido progresivo o progressive scan) o 32 (barrido entrelazado o interlaced scan).

Rango de compresión dinámico

Cada bloque de audio codificado debe contener una palabra de control del rango dinámico la cual usada por los decodificadores para alterar el nivel del audio reproducido. Las palabras de control permiten que el nivel de la señal sea incrementado o decrementado por encima de 24 dB.

Servicios principales y asociados

Esta sección explica el significado y uso de cada tipo de servicio.

Servicio de audio principal completo (CM)

Contiene un programa de audio completo (completo con diálogo, música y efectos). Debe contener de 1 a 5.1 canales de audio. Audio en múltiples lenguajes puede ser provisto dando múltiples servicios CM, cada uno en un lenguaje diferente.

Servicio de audio principal, música y efectos (ME)

Contiene la música y efectos de programa de audio, pero no el diálogo para el programa.

Visually impaired (Visualmente impedidos) (VI)

Contiene una descripción narrativa del contenido visual del programa. También puede proveer música, efectos, diálogo y la narración.

Hearing impaired (auditivamente impedidos) (HI)

Contiene únicamente diálogo el cual es pensado para ser reproducido simultáneamente con el servicio CM. Este diálogo ha sido procesado para mejorar la inteligibilidad para la audiencia de oyentes impedidos.

Emergencia (E)

Es pensado para permitir la inserción de anuncios de emergencia o de alta prioridad.

Características del codificador de entrada

Las señales de audio que estén a la entrada de un sistema de televisión digital deben estar en forma análoga o digital. Estas señales deben de tener removido cualquier nivel de CD antes de ser codificado, esto lo puede realizar por medio de filtros pasa altos de bloqueo de CD. En general, las señales de entrada deben ser cuantizadas al menos a 16 bits de resolución. El sistema de compresión de audio puede transportar señales de audio con más de 24 bits de resolución.

Características del codificador de salida.

Conceptualmente, la salida del codificador de audio es un flujo elemental el cual esta formado por paquetes PES (packetized elementary tren) y un paquete PES (tren elemental paquetizado) en una estructura usada para llevar flujos de datos elementales dentro del subsistema de transporte.

2.2.3 Audio ISO/MPEG: Codificación Genérica de Audio

El estándar combina partes de los algoritmos de codificación MUSICIAN y ASPEC. La codificación de audio de MPEG-1 ofrece una reproducción con calidad subjetiva equivalente a la del CD (16-bit PCM). Y gracias al gran rango dinámico con el que trabaja MPEG-1, tiene suficiente potencial para mejorar la calidad del CD.

La estructura básica de los codificadores de audio MPEG-1 sigue la de los codificadores basados en la percepción. En primer lugar, la señal de audio es convertida a componentes espectrales por medio de un banco de filtros de análisis; los niveles I y II hacen uso de un banco de filtros para una banda determinada y el nivel III utiliza un banco de filtros híbrido. Cada componente espectral es cuantificada y codificada con el fin de conservar un ruido de cuantificación por debajo de cierto límite. El número de bits de cada subbanda y el factor de escala son determinados por bloques. Cada bloque tiene 12 (nivel I) o 36 (nivel II y III) muestras de la subbanda. El número de bits cuantificados es obtenido a partir de un 'algoritmo de asignación de bits' (niveles I y II) que es controlado por un 'modelo psicoacústico'. Las palabras código, el factor de escala y la información de asignación de bits, son multiplexados en una trama, a la que se añade una cabecera y datos opcionales. En el decodificador, el banco de filtros reconstruye un bloque de 32 muestras de audio a partir de la trama demultiplexada.

MPEG-1/Audio soporta frecuencias de muestreo de 32, 44.1 y 48 kHz y velocidades binarias entre 32 kb/s (mono) y 448 kb/s, 348 kb/s y 320 kb/s (estéreo y niveles I, II, y III, respectivamente).

- Estéreo: los canales izquierdo y derecho se codifican de manera completamente independiente
- Conjunto Estéreo: aprovechamiento de la redundancia entre los canales izquierdo y derecho a fin de reducir el flujo (con dos codificaciones posibles; intensidad estéreo o MS estéreo)
- Canal Doble: los dos canales son independientes (sonido bilingüe, por ejemplo)
- Mono: un solo canal de sonido

Capa 1. También llamada "pre-musicam" utiliza el algoritmo PASC, desarrollado por Philips para su casete de audio digital (DCC). Utiliza una velocidad fija entre las 14 posibles (de 32 a 448 Kbits/s); la calidad Hi-Fi necesita 192 Kbits/s por canal de audio (384 Kbits/s en estéreo). Su principal ventaja es la relativa sencillez para implementar el codificador y el decodificador.

La cuantificación de los coeficientes de sub-banda está definida para toda la duración de la trama por un número de 4 bits, permitiendo una codificación de 0 a 15 bits para cada sub-banda, así como el factor de escala sobre 6 bits.

Capa 2. Su algoritmo se conoce bajo el nombre de MUSICAM, es el estándar adoptado para la radio (DAB) y televisión (DVB) digitales europeas. Permite obtener una calidad equivalente con un flujo menor (reducción del 30% al 50%) que el de la capa 1, a costa de un incremento moderado de la complejidad tanto del codificador como del decodificador.

El flujo, constante, puede escogerse entre 32 y 192 Kbits/s por canal, la calidad subjetiva Hi-Fi se obtiene a partir de 128 Kbits/s por canal, es decir, 256 Kbits/s en estéreo.

El modelo psicoacústico utilizado es el mismo que para la capa 1, pero la trama tiene el triple de duración, lo que reduce la proporción de bits de sistema, haciendo que la cuantificación de los coeficientes de sub-banda tenga una resolución decreciente (cuantificación definida sobre 4 bits para las bandas bajas, 3 bits para las medias, 2 bits para las elevadas) en lugar del formato uniforme sobre 4 bits de la capa 1. Por otro lado, 3 muestreos de sub-banda consecutivos pueden ser eventualmente reagrupados en "gránulos" para ser codificados por un sólo coeficiente, de ahí la reducción del flujo.

Capa 3. Es de desarrollo más reciente y utiliza un modelo psicoacústico diferente (llamado modelo 2), una codificación Huffman y un análisis de la señal basado en la DCT en vez de en la codificación en sub-bandas de las capas 2 y 3. Están permitidos los dos tipos de codificación conjunto-estéreo.

Permite un flujo variable y una tasa de compresión aproximadamente dos veces más elevada que la capa 2, a costa de una complejidad claramente mayor del codificador y del decodificador, así como de un tiempo de codificación/decodificación más largo. La calidad Hi-Fi se obtiene a partir de los 64 Kbits/s por canal (128 Kbits/s en estéreo). Está destinada principalmente a aplicaciones de redes de baja velocidad (por ejemplo INTERNET).

Las capas MPEG de audio soportan compatibilidad ascendente entre ellas, es decir, que un decodificador de capa 3 decodificará también las capas 1 y 2, y que un decodificador de la capa 2, normalmente decodificará la capa 1.

Los diagramas de bloques de un codificador y un decodificador MPEG de audio se representan en las Figuras 20 y 21 respectivamente.

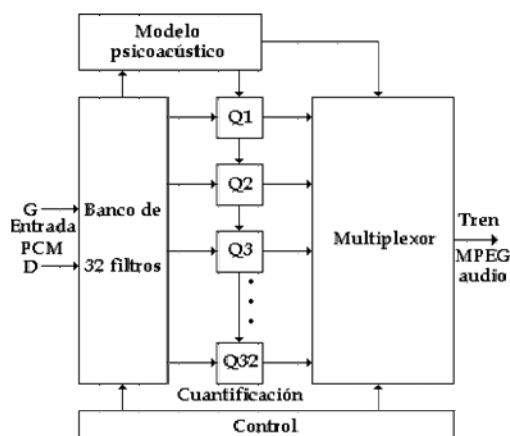


Figura 20. Diagrama de bloques de un codificador MPEG de audio

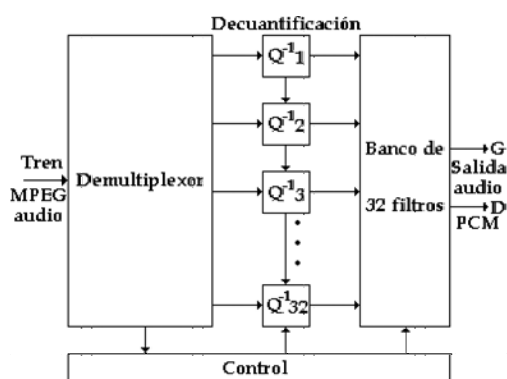


Figura21. Diagrama de bloques de un decodificador MPEG de audio

2.2.4 Formato de la trama MPEG de Audio

La trama constituye la unidad de acceso elemental para una frecuencia de audio MPEG. Una trama (capa 1, 2 o 3), se descompone en 4 partes:

- Cabecera de 32 bits (header)
- Paridad sobre 16 bits (CRC)
- Datos de audio (AUDIO), longitud variable
- Datos auxiliares (AD, ancillary data)

Capa 1. La trama MPEG de audio de la capa 1 se compone de 384 muestreos PCM de audio de entrada. Cuando el número de muestreos PCM es independiente de la frecuencia de muestreo, la duración de la trama es inversamente proporcional a la frecuencia de muestreo. Esta es de:

- 12 ms a 32 KHz
- 8.7 ms a 44.1 KHz
- 8 ms a 48 KHz

En la Figura 22 se puede ver una estructura de una trama de la capa 1.

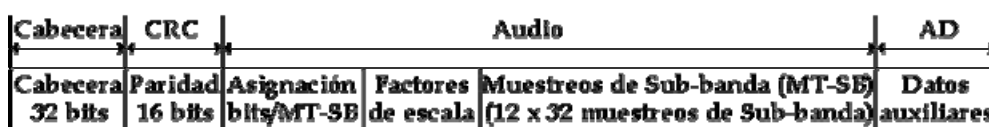


Figura 22. Representación de la estructura de una trama MPEG de audio, capa 1

Observaciones:

- La cabecera transporta la sincronización y la información de sistema, detalladas en el cuadro 3.1.
- La utilización de paridad (CRC) es optativa.
- El campo de asignación de los bits/MT-SB (32 enteros codificados sobre 4 bits) define la resolución de codificación (de 0 a 15 bits) de los muestreos de cada una de las 32 sub-bandas.
- El campo factor de escala (32 enteros codificados sobre 6 bits) indica para cada sub-banda el factor multiplicador de los muestreos de esta forma cuantificados.

Capa 2. La trama se compone en este caso de 12 gránulos de $3 \times 32 = 96$ muestreos de audio PCM, es decir:

- 36 ms a 32 KHz
- 26.1 ms a 44.1 KHz
- 24 ms a 48 KHz

La estructura de la parte de audio difiere de la capa 1 debido a una asignación de bits más compleja, motivada por la mayor cantidad de opciones de codificación. En la Figura 23 se puede observar una estructura de una trama de la capa 2.

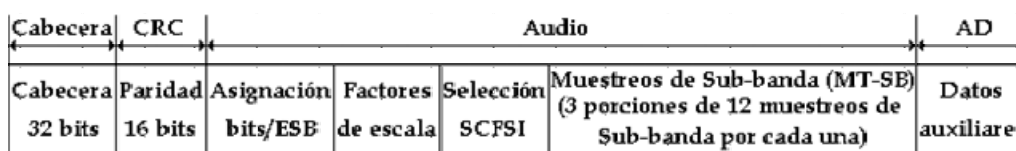


Figura 23. Representación de la estructura de una trama MPEG de audio, capa 2

Observaciones:

- La cabecera transporta la sincronización y la información del sistema. (Ver cuadro 13).
- La utilización de la paridad (CRC) es optativa.
- El campo asignación de los bits/MT-SB (32 enteros codificados sobre 2 o 4 bits, según la sub-banda) define la resolución de codificación de los muestreos de cada una de las sub-bandas y si están o no agrupadas en 3.
- El campo de información de selección de factor de escala SCFSI (Scale Factor Selection Information) (32 enteros codificados sobre 2 bits) indica si el factor de escala de sub-banda se aplica a toda la trama o si hay 2 o 3 factores de escala.
- El campo factor de escala indica el factor multiplicador de los muestreos de esta forma cuantificados para la porción de trama definida por SCFSI.

Cuadro 13. Campos de la cabecera de una trama MPEG-1 de audio

Campo	Comentario	No de bits
Palabra de sincronía	tren 1111 1111 1111 (FFF hex)	12
ID	siempre a "1" para MPEG-1 de audio	1
Capa	11=1, 10=11, 01=111, 00 reservado (capa)	2
Bit de protección	0 si se añade redundancia, 1 si no	1
Índice de tasa de bit	15 valores (0000=flujo libre, 1111=prohibido)	4
Frecuencia de muestreo	00=44.1 KHz, 01=48, 10=32, 11=reservado	2
Bit de relleno	1=ajuste (necesario para Fmuestreo=44.1 KHz)	1
Bit privado	no especificado, uso libre	1
Modo	00=stereo, 01=joint, 10=dual, 11=mono	2
Modo de extensión	margen de las sub-bandas en intensity_stereo	2
Copyright	1=copyright, 0=libre	1
original/copia	1=original, 0=copia	1
Énfasis	00=no, 01=50/75 s, 10=reservado, 11=J17	2

Codificación genérica Multicanal 5 + 1

Todo el mundo está familiarizado con el sonido estéreo, en el que el sonido se reproduce usando dos canales, derecho e izquierdo. Pronto se descubrió que para algunas señales, como

por ejemplo diálogos en películas, la adición de un tercer canal central proporcionaba una mejor localización dentro de la escena. Para dar una sensación espacial como en una sala de cine, se pensó en un cuarto canal "surround", de ancho de banda limitado, que se reproducía en dos altavoces localizados detrás del público.

El siguiente paso era proporcionar la sensación de sonido envolvente, esto se consiguió con dos canales surround separados.

Además se pensó en un sexto canal para proporcionar un canal de baja frecuencia, a este sexto canal se le denominó LFE (Realce de Frecuencias Bajas, Low Frequency Enhancement). Al sistema resultante se le denominó 5+1. El subwoofer usado para reproducir el canal LFE no necesita una localización particular, ya que nuestro oído tiene una capacidad muy limitada para detectar la dirección de las frecuencias bajas (20-120Hz).

AC3 (Audio Coding): Formato digital de compresión de audio de 5 más 1 canales (5.1), pensado en principio para la televisión digital, y adoptado por Dolby para codificar su formato digital.

Dolby Digital (DD): Formato digital basado en AC3, que permite la reproducción de hasta 6 canales (5.1), 5 canales más 1 específico para graves. Usado en películas para el cine, DVD, y Laser Disk. Es el formato digital mayoritario en el ámbito doméstico (home cinema).

Dolby utiliza una ecualización propietaria resultando el sistema DOLBY SURROUND PRO LOGIC. El Dolby Surround Pro Logic, o sonido envolvente, tiene gran difusión en equipos reproductores de música, necesitando un amplificador Dolby Surround, cinco altavoces y una fuente estéreo.

El sistema MPEG-2 proporciona dos canales más pensando en locales de grandes dimensiones (cines,...) para cubrir ángulos muertos.

Compatibilidad con otros sistemas de Audio

El sistema MPEG-2 está basado en la compatibilidad, ya que permite la reproducción en sistemas que sólo soporten un número de canales limitado.

Esta compatibilidad se consigue empleando técnicas de multiplexación matricial durante la codificación y decodificación.

La segunda fase del MPEG, llamado MPEG-2, incluye en su parte de audio dos estándares de codificación de audio multicanal; ambos son compatibles con MPEG-1, uno hacia delante y otro hacia atrás. La compatibilidad hacia delante significa que un decodificador multicanal en MPEG-2 es capaz de decodificar señales MPEG-1 mono o estereofónicas; la compatibilidad hacia atrás significa que existen decodificadores estéreo MPEG-1, los cuales sólo manejan dos canales de audio y son capaces de reproducir una señal estéreo básica desde una trama multicanal MPEG-2 para servir la necesidad de los usuarios con equipos mono o estéreo. Los codificadores multicanal no compatibles hacia atrás no serán capaces de alimentar una trama de un decodificador estéreo MPEG-1. Por otro lado, estos tienen más libertad en la reproducción de alta calidad de las señales de audio.

Con la compatibilidad hacia atrás es posible introducir multicanales de audio al mismo tiempo sin la necesidad de que existan decodificadores de dos canales estéreo, los cuales están ya obsoletos. Un importante ejemplo es el sistema de difusión digital de audio europeo, el cual requerirá decodificadores estéreo MPEG-1 en la primera generación pero puede ofrecer audio multicanal en una posterior aplicación.

Compatibilidad hacia atrás

La compatibilidad hacia atrás implica el uso de la compatibilidad de matrices. Un grupo de cinco canales desarrolla una señal estéreo básica 2/0, consistente en un canal de la derecha y otro de la izquierda, L0 y R0, respectivamente. Estos son transmitidos en formato MPEG-1 a través de dos de los canales. Los otros tres forman la señal de extensión multicanal, y deben ser elegidos para que el decodificador pueda reconstruir la señal multicanal 3/2-estéreo completa. Las redundancias entre canales y los efectos de la máscara son tomadas en cuenta para encontrar la elección óptima. En MPEG-2 las matrices pueden ser hechas de diferentes modos, e incluso dependientes con el tiempo. Sin embargo, el contenido de la señal extendida de audio está ya desarrollado en la trama de audio MPEG-1; esta redundancia reduce la tasa de compresión.

La 'matricidad' es necesaria para proporcionar compatibilidad hacia atrás; sin embargo, si es usada con la codificación perceptiva, puede aparecer un ruido de cuantificación no enmascarable. Ello puede producirse en el proceso inverso a la construcción de matrices, cuando se forman las señales suma y diferencia. En ciertas situaciones cada componente de estas señales puede desaparecer en uno de los canales. Si esta componente fuese incluida en la máscara del ruido de cuantificación del canal, este ruido puede llegar a ser audible. Como medida adicional, el modo de velocidad binaria variable opcional puede ser evocado para codificar el contenido problemático para altas velocidades binarias.

Los decodificadores MPEG-1 tienen limitación de velocidad (384 kb/s en el nivel II). Para superar esta limitación, el estándar MPEG-2 permite el uso de una segunda trama, lo cual proporciona compatibilidad multicanal audio a altas velocidades.

CODIFICACION MPEG-2 AUDIO AVANZADO

Existe un segundo estándar que soporta aplicaciones que no requieren compatibilidad con el formato MPEG-1 estéreo. De este modo, la codificación y decodificación de matrices no es necesaria.

- Herramientas:

El estándar MPEG-2 AAC emplea filtros de alta resolución, técnicas de predicción, y codificación de bajo ruido. Todo esto está basado en evaluaciones recientes de herramientas (o módulos), las cuales han sido seleccionadas a partir de un número de propuestas. El propio contenido de estas incluye un pre-procesado opcional, un banco de filtros, un modelo de percepción, un modelado temporal del ruido, una codificación de intensidad multicanal, predicción, codificación estéreo, cuantificación, codificación sin ruido, y un multiplexor. El banco de filtros es la transformada del coseno discreto modificado en 1024 líneas, y el modelo de percepción está tomado de MPEG-1. La herramienta 'forma temporal del ruido' controla la dependencia con el tiempo del ruido de cuantificación, la intensidad, y la codificación mono/estéreo; y el predictor adaptativo hacia atrás de segundo orden incrementa la eficiencia de la codificación.

Éste reduce la velocidad binaria para la codificación de muestras en una banda dada, y basa su predicción en el espectro cuantificado de bloques previos, el cual sólo está disponible en el decodificador (en ausencia de errores en el canal). Finalmente, para la cuantificación y la codificación sin ruido, se utiliza un método iterativo para conservar el ruido de cuantificación, en las bandas críticas, por debajo del límite de la máscara global.

- Perfiles:

Para servir diferentes necesidades, el estándar proporciona tres perfiles:

- el perfil principal, que ofrece alta calidad

- el perfil de baja complejidad, que trabaja sin predicción. Éste no emplea modelado temporal del ruido ni predictor en el dominio del tiempo (la predicción añade una complejidad significativa al sistema).

- el perfil de frecuencia de muestreo variable, que ofrece la más baja complejidad. Éste utiliza un banco de filtros híbrido.

MPEG-2 AAC soporta 46 canales de varias configuraciones ruidosas multicanal, además de otras aplicaciones; por defecto, estas configuraciones son el canal monofónico, el canal estereofónico, y un sistema compuesto por otros cinco canales y el canal LFE.

La lista seleccionada de módulos o herramientas anteriormente descrita define el estándar MPEG-2 AAC audio, el cual se convirtió en un estándar internacional en Abril de 1997 como extensión de MPEG-2. El estándar ofrece alta calidad a las más bajas velocidades posibles, entre 320 y 384 kb/s para cinco canales; éste encontrará su aplicación tanto en usos profesionales como en el ámbito de consumidor.

Codificación de audio en MPEG-4

El estándar MPEG-4 pretende ser extraordinariamente flexible en lo concerniente a la codificación de audio. En este momento, se está trabajando sobre un modelo de codificador orientado a señales de entrada, que abarca todo el rango de calidades comprendido entre el estándar telefónico y el de alta fidelidad. Se están considerando las tasas binarias que se encuentran entre 2 y 64 kbit/s por canal, por lo que van a ser aptas para múltiples canales de comunicación de interés práctico.

Al igual que en el grupo de MPEG-4 de vídeo, se pretende incluir en este estándar de codificación numerosas funcionalidades nuevas, adicionales a la tradicional de compresión. Las principales son:

- Mayor flexibilidad

Se hará uso del lenguaje MSDL, ya mencionado, en la parte de vídeo para dotar al sistema de gran flexibilidad. Está previsto, al igual que en vídeo, poder enviar a los descodificadores algoritmos de descodificación.

- Adaptación a diversos tipos de redes incluyendo las móviles
- Escalabilidad

Se podrá descodificar el contenido con diversos grados de calidad, dependiendo del medio de transmisión utilizado.

- Tratamiento específico de contenidos sintéticos

Incluirá mecanismos para el manejo de música sintética, síntesis de voz, modelado de entornos acústicos, etc.

2.2.5 Sistema AC-3

El Standard ATSC utiliza la tecnología "Dolby Digital AC-3. La misma está basada en el método que actualmente se utiliza en las salas de **cine**, el Dolby Surround Sound. Este procedimiento brinda 5,1 canales de audio digital.

- Canal Izquierdo
- Canal Derecho
- Canal Central (Middle Channel)
- Canal Surround Izquierdo

- Canal Surround Derecho
- 0,1 Canal para señal de Subwoofer

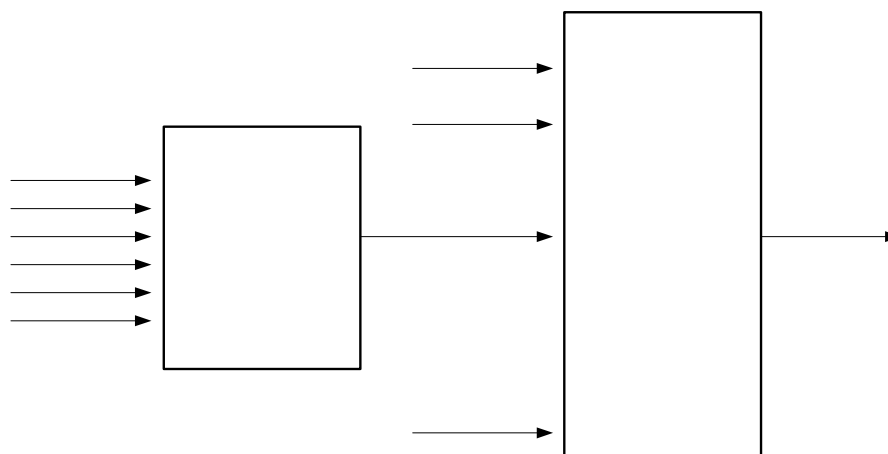


Fig. 24 Codificador AC-3

En la figura 24 vemos que los 6 canales ya digitalizados entran al codificador AC-3. Luego, se multiplexan las secuencias de audio (AC-3), Video y auxiliar para obtener una secuencia de programa.

La tasa de bits de un canal de audio digital PCM es aproximadamente de 1 Mbit/seg, que significa más o menos un 0.5 % con respecto al video digital. Pero dado el crecimiento del formato MPEG-2 Video, en respuesta se crea también un formato de compresión para audio. # 1

La compresión de audio se basa en la codificación perceptual. Esta codificación parte de la base de que el oído no posee una resolución frecuencial y temporal ideal y que ciertos contenidos en frecuencia pueden ser enmascarados por otros, haciéndolos inaudibles (*masking*).

En los CD's y Laser Discs, se emplea audio digital en formato PCM. En esta codificación muestrea la onda analógica de 16 bits 44100 veces por segundo, consiguiéndose una gama dinámica de 96 db. Sin embargo, este proceso crea una cantidad inmensa de datos que es excesiva para los sistemas multicanal. De este modo debe utilizarse una forma de reducción de datos para reducir la cantidad total de información sin degradar la calidad del sonido, de ahí la introducción del Dolby Digital AC-3.

Para almacenar 5,1 canales separados de información, una forma de reducir la cantidad resultante de bits podría ser reduciendo el número de bits de cuantización (es decir, de 16 bits a 10 bits), pero no sin un aumento del nivel de ruido del sistema y una reducción de la gama dinámica. Una resolución de 16 bits permite al sistema 65.536 palabras de "descripción" posibles, mientras que una resolución de 10 bits solamente permite 1.024 descripciones, con lo que se reduce de este modo la precisión general de cada muestra.

En lugar de ello, el sistema Digital Dolby AC-3 varía la velocidad de transmisión de forma instantánea en función de la frecuencia, para controlar la resolución general de la banda sonora. Con la utilización de algoritmos complejos, calcula la distribución óptima de los bits sin ninguna degradación audible del sonido.

La compresión digital produce de forma inherente más ruido que la transmisión de datos sin compresión. Cuanto menos son los bits utilizados para describir una señal de audio, mayor es el ruido. De este modo, el sistema Dolby Digital AC-3 compensa esta reducción de información de dos modos, 1 por filtrado digital y 2 por enmascaramiento.

El filtrado digital tiene lugar en las primeras etapas del proceso, la información es fragmentada en 256 bandas de frecuencia. Pasando la información de audio a través de una serie de filtros pasa banda para cada uno de los cinco canales, se suprime la mayor parte del ruido al limitar la respuesta de frecuencia. En la etapa de salida, el enmascaramiento se produce en la mayoría de sistemas analógicos de reducción de ruido desarrollados por Dolby, y tienen una amplia aceptación en la industria electrónica. Las normas Dolby Digital AC-3 tienen 256 bandas independientes con filtros pasa banda (agudos y graves) de 12 db por octava.

Estos filtros no son lo suficientemente pronunciados para reducir totalmente el ruido residual que se crea con una tasa en bits tan baja; por ello; Dolby utiliza, conjuntamente para reducir el ruido audible.

Dolby Digital AC-3 es un sistema denominado de 5,1 canales debido a que proporciona 5 canales independientes (izquierdo, derecho, central, surround izquierdo y surround derecho); todos ellos reproducen una gama de 20 a 20.000 Hz.

Además, el sistema puede proporcionar un canal subwoofer opcional, independiente. A pesar de que los cinco canales proporcionan un ancho de banda total que abarca todo el espectro audible, se añade un canal para los efectos sonoros de Baja Frecuencia para aquellos aficionados que exigen sonidos graves particularmente poderosos. Además, el sistema Dolby Digital AC-3 mejora la separación entre canales y la capacidad de que sonidos individualizados lleguen desde múltiples direcciones al oyente.

Tipos de Servicio contenidos en una secuencia elemental AC-3

El Standard ATSC permite dos servicios principales y seis tipos de adición de servicios de audio para cada canal de programa individual.

El canal principal de servicios de audio posee los diálogos, la [música](#) y los efectos. El canal Music & Effects provee sólo la música y los efectos, sin los diálogos.

Servicio de audio principal: Principal Completo (complete main CM)

Servicio principal de audio: Musica y Efectos (ME)

Las extensiones del servicio de audio son las siguientes:

Servicio Asociado: Problemas visuales (visually impaired, VI) - Provee una descripción narrativa del contenido visual del programa.

Servicio asociado: Problemas de Audio (hearing impaired, HI) - Solo diálogos para enfatizar la calidad cuando se mezcla con el canal principal

Servicio asociado: Dialogo (D) - Diálogo Original

Servicio asociado: Comentario (C) - Comentarios adicionales

Servicio asociado: emergencia (E) - Servicio de Emergencias (Llamado a la solidaridad, Meteorología, etc)

Servicio asociado: Adición de voz (voice-over, VO) - Permite la posibilidad de adicionar voz al programa original.

Canal de Datos Complementarios:

Usado para enviar información adicional al televidente que puede ser de diversa índole.

Este servicio permite tener posibilidades ilimitadas para poder tener una Programación Interactiva, aunque todavía no se tiene muy en claro cómo las estaciones de televisión diseñarán sus programas añadiendo este servicio.

Algunas ideas existentes son:

- Publicidad Interactiva
- Subtitulados
- Guía de programación
- Decodificador auxiliar para servicio de productos (Ancillary service target decoder, ASTD) Chequeo de datos para abonados.
- Codificación de Video y Audio (Scrambling)
- Juegos
- Tutoriales
- Datos de la emisora

Dolby AC-3 es el primer código perceptual diseñado específicamente para codificación de audio digital multicanal. También es el único que se beneficia del desarrollo de otros dos sistemas perceptuales exitosos, Dolby AC-1 y AC-2. Efectivamente, la experiencia única de los Laboratorios Dolby con la reducción de ruido de audio es esencial en la reducción de la tasa de datos para AC-3: la poca cantidad de bits usados para describir una señal de audio, agranda el ruido.

2.2.6 Teletexto

Para la TV Analógica, el teletexto es insertado como un código NRZ (non-return-to-zero) de señal adicional con un filtro de caída en el intervalo vertical blanco. Para la televisión digital, un tren de teletexto elemental es multiplexado directamente dentro del tren de transporte de MPEG-2. Los datos del teletexto son procesados para proporcionar líneas y revistas, como en la estructura del teletexto Británico, y es combinado para formar un tren elemental paquetizado. El encabezado PES de 6-bytes empieza con un código de 3 bytes (00 00 01). Este es seguido por el tren ID 0xBd, el cual corresponde a un "Tren Privado". Después viene un indicador de longitud de 16-bit (=2-bytes), el cual en el caso del teletexto siempre es puesto, así que la longitud total PES corresponde a un entero múltiple de 184 bytes.

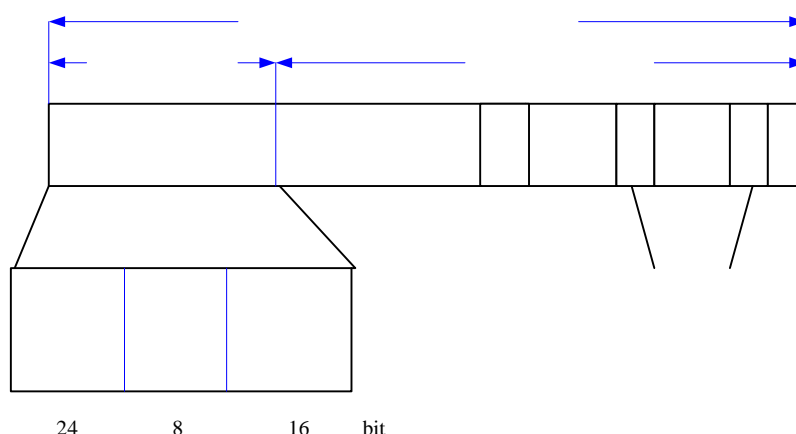


Fig 25 Paquete PES conteniendo Teletexto

Después viene un encabezado PES opcional de 39-byte, por lo que tenemos una longitud de 45 bytes totales para el encabezado del PES. Este es seguido por 1-byte de ID de dato, el cual siempre contiene 0x10. La información actual TTXT se divide en bloques de 44 bytes. Los

últimos 43 bytes son idénticos a la estructura de línea TTXT de un EBU TTXT después del código de entrada. Estos bytes incluyen la revista y la información de línea así como los 40 bytes de caracteres del teletexto por línea. Una página de teletexto contiene 24 líneas de 40 caracteres.

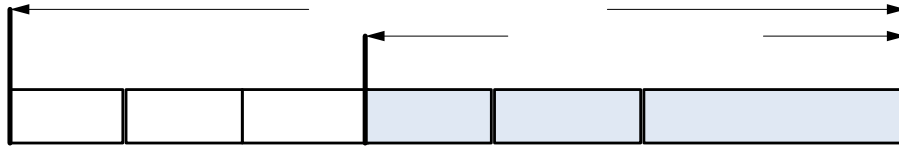


Fig 26 Datos de Teletexto

El teletexto es preparado para formar largos paquetes PES los cuales son divididos en pequeños trenes de transporte comprimidos en 184 bytes de carga útil y 4 byte para el encabezado del tren de transporte, y multiplexado dentro del mismo tren de transporte de datos para video y audio para su transmisión.

Campos de Datos TTXT de 44 B

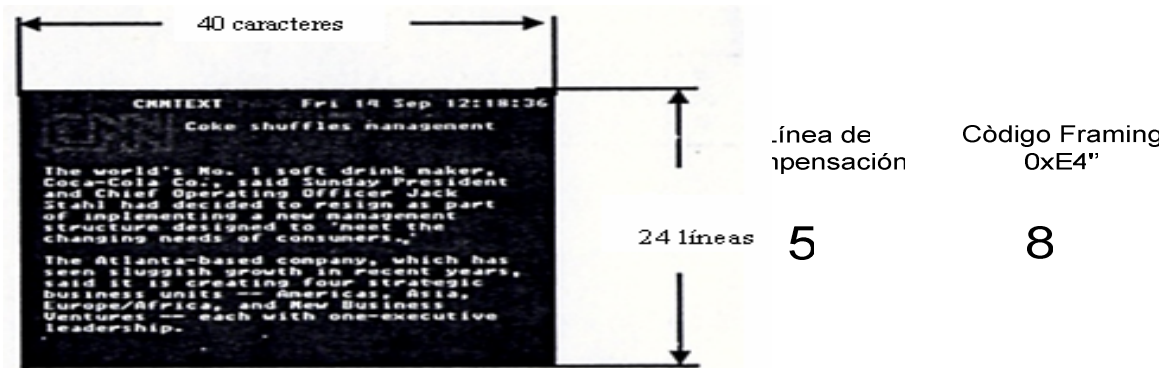


Fig 27 Estructura de una página de Teletexto

El identificador de paquete (PIDs) del tren de paquete de transporte conteniendo teletexto esta incluido como PIDs para trenes privados en la tabla de mapa de programa (PMT) del programa en cuestión.

Con la ayuda de estos PIDs, se puede tener acceso a los trenes de paquetes de transporte conteniendo teletexto. Un tren de paquete de transporte conteniendo un encabezado PES puede ser reconocido por la unidad de carga útil empezando con un indicador de bit puesto en 1. La unidad de carga de este paquete contiene 45 bytes de encabezado PES y el primer paquete de teletexto. Los otros paquetes de teletexto siguen en el próximo tren de paquete de transporte con el mismo PID. La longitud de un paquete de teletexto PES se ajusta para que el número completo de muchos trenes de paquete de transporte produzca un paquete PES completo. Después que un paquete de teletexto PES ha sido completamente transmitido, este se retransmite o un nuevo paquete es enviado si hay algún cambio en el teletexto.

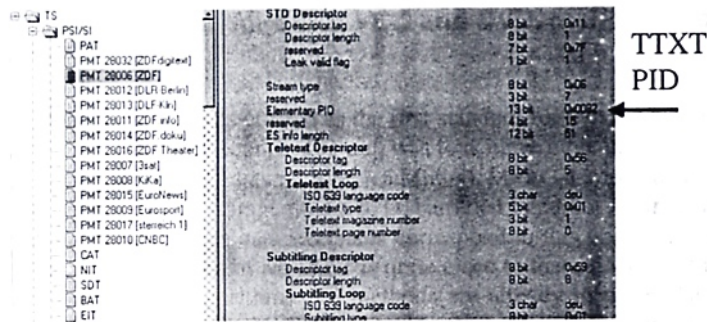


Fig 28 PID de Teletexto incluido en la Tabla de Programa Mapa

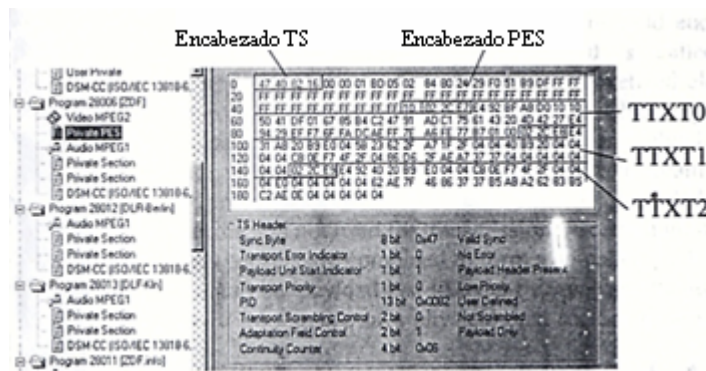


Fig 29 Paquete de tren de transporte conteniendo Teletexto

2.2.7 AUDIO REALZADO PARA TELEVISIÓN DIGITAL (E-AC-3)

ATSC publica las Nuevas Normas Propuestas de Compresión de Audio Digital.

Las nuevas especificaciones para el sistema AC-3 mejorado del ATSC ampliarán las capacidades de audio para las aplicaciones de radiodifusión, cable, satélite y DVD.

El sistema E-AC-3 ofrece nuevas herramientas de codificación que mejoran notoriamente el rendimiento además de nuevas funciones que permiten un funcionamiento sobre un rango mayor de velocidades y números de canales. Puede convertirse además al AC-3 antiguo para que tenga compatibilidad de reproducción en los decodificadores A/V de que disponen actualmente los consumidores.

El E-AC-3 o Dolby Digital Plus, ha sido diseñado para cumplir con los cuatro requisitos esenciales de un codificador/decodificador de audio para radiodifusión de la próxima generación: compatibilidad con los equipos antiguos, eficiencia mejorada del espectro, rentabilidad e interoperabilidad con otros formatos de medios futuros.

Las mejoras del AC-3 aparecen en los documentos CS/T3-613 y CS/T3-614 de la Norma Propuesta por ATSC. El documento CS/T3-613 especifica las revisiones a la Norma de Compresión de Audio Digital del ATSC (A/52) que pueden utilizarse en una variedad de medios. El documento detalla aspectos que son relevantes para los sistemas de televisión de ATSC, y especifica además las características que probablemente puedan utilizarse en otras aplicaciones. A/52 es un documento fuente fundamental para AC-3 y en el que se basan las industrias (no relacionadas con la radiodifusión). La inclusión de características adicionales en la especificación de E-AC-3 permitirá su uso en otras aplicaciones, beneficiando de modo indirecto el sistema de televisión digital de ATSC.

El documento CS/T3-614 describe las adiciones a la Norma para Televisión Digital del ATSC (A/53) que especifica el uso del E-AC-3 en el modo sólido del VSB (banda lateral residual) Realzada (E-VSB) que se encuentra actualmente en desarrollo en el ATSC.

La modalidad E-VSB permitirá a los radiodifusores cambiar el rendimiento total por la solidez. Con una transmisión E-VSB parte de los datos de aproximadamente 19.4 Mbps se asignan al modo sólido y el resto es asignado al modo 8-VSB normal. El flujo de símbolos en el modo sólido incluye bits adicionales de corrección de errores sin canal de retorno para mejorar la recepción bajo condiciones de señal más débil y trayectoria múltiple más fuerte (fantasma).

Debido a que E-AC-3 se basa en la actual versión de AC-3 especializada en la norma A/52 del ATSC, todos los decodificadores para la versión mejorada decodificarán también todos los flujos de bits A/52 AC-3 antiguos. Además, si bien el nuevo formato de audio mejorado no es directamente compatible con los decodificadores A/52 actuales, es posible realizar una conversión de mediana complejidad a una sintaxis de flujo de bits A/52 que se atenga a la norma, permitiendo así la compatibilidad con los decodificadores antiguos que tienen entrada de flujo de bits S/PDIF.

Algunas de las capacidades técnicas importantes del AC-3 realzado que tienen relación directa con las aplicaciones de radiodifusión de ATSC son:

- Mayor flexibilidad en la tasa de datos

E-AC-3 permite el ajuste del número de bloques por cuadro de sincronización y el número de bits de datos comprimidos por cuadro para obtener una flexibilidad significativamente mayor en la tasa de datos en comparación con el AC-3 estándar, incluyendo una mayor tasa de datos teórica máxima y una granularidad más fina en la tasa de datos.

- Extensión espectral

Los decodificadores de AC-3 realzado soportan una nueva técnica de codificación llamada extensión espectral. Al igual que el acoplamiento de canales, la extensión espectral codifica el contenido de mayor frecuencia de la señal con mayor eficiencia. La extensión espectral recrea el espectro de alta frecuencia de una señal de datos secundarios transmitidos en el flujo de bits que caracteriza a la señal original, al igual que del contenido de la señal real de la porción de menor frecuencia de dicha señal. Debido a que en algunas circunstancias puede ser conveniente utilizar el acoplamiento de canales para una porción de medio alcance del espectro de frecuencias y la extensión espectral para la porción de mayor alcance de éste, la extensión espectral es totalmente compatible con el acoplamiento de canales. Ambas herramientas pueden habilitarse al mismo tiempo para distintas porciones del espectro de frecuencias.

- Procesamiento de pre-ruido transitorio

Esta es una herramienta de decodificación optativa que mejora el rendimiento audible por medio de la sustitución de los segmentos de audio justo antes de los transitorios con el fin de reducir la duración de las distorsiones pre-ruido. Esta técnica se denomina síntesis de escalamiento de tiempo, donde se utilizan los segmentos de audio de modulación MIC sintetizados para eliminar el pre-ruido transitorio mejorando así la calidad percibida del

material transitorio codificado de tasa de bits baja. Con el fin de permitir al decodificador realizar de modo eficiente el procesamiento de pre-ruido transitorio sin generar un impacto sobre la latencia de la decodificación, el codificador realiza un análisis de detección de ubicación de transitorios y síntesis de escalamiento de tiempo y transmite la información al decodificador. El codificador realiza el procesamiento de pre-ruido transitorio en cada uno de los canales de audio de ancho de banda completo y transmite la información de “ayuda” una vez por cuadro, sólo cuando sea necesario (por ejemplo, cuando existan transitorios que se beneficien de la técnica).

- Procesamiento de transformación híbrida adaptable

En 1995, la transformación empleada en A/52 AC-3 –basada en una transformación por la Transformada del Coseno Discreta Modificada (MDCT) de las muestras de frecuencia de 256 de longitud – proporcionó un cambio razonable entre la ganancia de codificación de audio y el costo de implementación del decodificador.

Con los permanentes avances que han experimentado los procesos de fabricación de silicio a través de los años, en la actualidad la complejidad de los circuitos integrados que constituye un nivel razonable se ha incrementado. Este incremento en el rendimiento de los chips brinda una oportunidad para mejorar la ganancia de codificación del sistema AC-3 y, por consiguiente, la calidad perceptiva del audio en una cierta tasa de bits, aumentando la longitud de la transformación. Esto se consigue por medio del uso de la Transformación Híbrida Adaptable (AHT), que añade una segunda transformación en cascada con el fin de generar una transformación única con muestras de frecuencia de 1536.

- Acoplamiento mejorado

Esta es una nueva herramienta que mejora las propiedades de formación de imágenes de las señales acopladas agregando compensación de fases al procesamiento con base en la amplitud del acoplamiento convencional. Antes de mezclar los canales acoplados en una señal compuesta única, el codificador deriva la información de amplitud y de fases entre canales adicionales sobre una base de sub-banda para cada canal. La información de fases incluye un factor de escalada de recorrelación como una medida de la variación de la fase dentro de un cuadro. Esta información de cadena lateral se transmite al decodificador una vez por cuadro. El decodificador utiliza la información para recuperar los múltiples canales de salida de la señal compuesta usando una combinación de escalamiento de amplitud y rotación de fases. El resultado es una mejora en la formación de imágenes de etapa de sonido en comparación con el acoplamiento convencional. Esta mejora permite utilizar la técnica en frecuencias más bajas que en el acoplamiento convencional, mejorando así la eficiencia de la codificación.

2.3 SERVICIOS DE MULTIPLEXAJE Y TRANSPORTE

2.3.1 Estructuras Disponibles

ATM

Esta tecnología fue diseñada para resolver los problemas de multiplexaje y transporte encontrados en el mundo de la comunicación telefónica. En la estructura ATM cualquier tipo de información es encapsulada en celdas de 53 bytes, los primeros 5 bytes (el encabezado) contienen la información sobre el multiplexaje y los últimos 48 bytes contiene la información del usuario. Para estar seguros que la información es transparente de extremo a extremo, en la parte superior ha sido definida una capa de adaptación ATM (AAL). Diferentes tipos de AAL pueden ser especificadas para cubrir todo el rango de servicios a ser soportados.

Esta aproximación podría ser adaptada para la transmisión terrestre de televisión. Una estructura de paquete similar puede ser adoptada, las funcionalidades y la estructura de la celda encabezado pueden ser optimizadas para el ambiente de la DTTB. La adición de algún tipo de estructura de tren podría necesitarse para mejorar el desempeño del multiplexaje en condiciones de pobreza de error.

MPEG-2

El Grupo de Expertos (MPEG) de la ISO/IEC ha producido una estructura de multiplexaje que podría ser usada para la DTTB. En Norte América, los mecanismos de transporte para el estándar ATSC son parte de la Sintaxis del Tren de transporte del Sistema MPEG-2.

En Europa, los sistemas digitales de TV multi-programa han sido desarrollados por el proyecto DVB, para satélite, aplicaciones CATV y SMATV. Estos sistemas hacen uso de los métodos de audio y video de MPEG-2, así como el del multiplexaje de los paquetes de transporte.

Las estructuras de multiplexaje de paquetes del sistema MPEG-2 fueron específicamente diseñadas para las necesidades de la transmisión de señales de video, audio y datos considerando la compatibilidad con las estructuras de ATM incluidas. La estructura del paquete del sistema MPEG-2 consiste en 188bytes compuesto de 4 bytes de encabezado y 184 bytes de información. El tamaño del paquete fue diseñado para ser encapsulado dentro de 4 celdas ATM como 47-byte de carga útil ($4 \times 47 = 188$) dejando espacio para 1 byte ATM AAL por celda ATM. El sistema MPEG-2 puede transportar datos por encima del sistema ATM.

ISDB

El propósito de la aplicación de ISDB para transmisión digital de la Administración Japonesa se observa en las siguientes características:

- flexibilidad
- extensibilidad
- interoperabilidad
- buena transmisión
- programación de recepción fácil
- capacidad de acceso condicional
- otras características, tales como bajo costo operacional para las transmisoras y bajo costo en los receptores

Los sistemas de transmisión digital satelital, terrestre y por cable están siendo desarrollados apuntando a las especificaciones basadas en el concepto de ISDB.

2.3.2 Multiplexaje de Video, Audio y Datos

Los codificadores de audio y video proporcionan a su salida los trenes elementales de datos (Elementary Streams, ES) que constituyen la capa de compresión (compresión layer).

Cada tren elemental se compone de unidades de acceso (Access Units, AU), que son las representaciones codificadas de las unidades de presentación (Presentation Units, PU), es decir, las imágenes o tramas de sonido decodificadas dependiendo si se trata de video o audio.

Estos trenes de datos, así como eventualmente otros datos llamados "privados" (private data), deben ser combinados de forma ordenada y ampliados con información diversa que permita al decodificador separarlos y garantizar la sincronización de la imagen y el sonido en la reproducción.

2.3.2.1 Multiplexado de las señales en MPEG-1

La parte 1 (sistema) de la norma ISO/IEC 11172 (MPEG-1) define así las reglas para la constitución de una "capa de sistema" (system layer) que agrupa el video, el audio y los datos privados en un solo tren, así como las condiciones sobre los trenes elementales que permitan asegurar esta combinación.

Las cinco funciones básicas de la capa de sistema que "envuelve" (o, mejor empaqueta) la capa de compresión son las siguientes:

- Sincronización de los trenes elementales comprimidos múltiples en la reproducción.
- Combinación de estos trenes múltiples en un solo tren de datos.
- Inicialización de las memorias intermedias (buffers) al comienzo de la reproducción.
- Gestión continua de estas memorias intermedias.
- Por ultimo, identificación del tiempo por marcadores (time stamps).

Un conjunto de codificación de "sistema" MPEG-1 debe, por tanto realizar la codificación de los datos de video y audio, después el multiplexado de esta información y de los datos privados, añadiendo la información necesaria para su sincronización y otras relativas a los recursos necesarios para la decodificación del tren binario MPEG-1 (tales como el tamaño de las memorias intermedias necesarias para la decodificación de cada uno de los trenes elementales con un decodificador de frecuencia llamado System Target Decoder, STD).

Flujo de paquetes elemental (Packetized elementary stream PES).

Cada paquete elemental se divide en paquetes que constituyen así un tren de paquetes elementales (Packetized Elementary Stream PES). Un paquete está constituido por un encabezado de paquete (packet header) seguido de los datos propiamente dichos. Ver Figura 30.

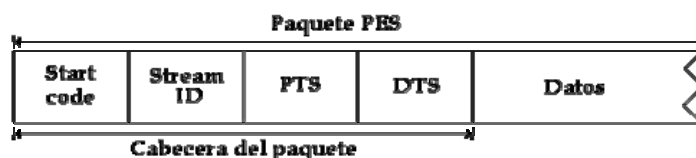


Figura 30. Estructura de un paquete PES

El encabezado del paquete empieza por un código de inicio de 32 bits (Ver Cuadro 14), donde los 8 últimos bits identifican el tipo (audio, video o datos privados) y el número de tren elemental al que el paquete de datos pertenece. El encabezado indica la longitud del paquete y el tamaño de la memoria intermedia de entrada necesaria para su decodificación por el STD.

Cuadro 14. Estructura de un paquete MPEG-1

Campo	Definición (comentario)	Nº de bits
Prefijo de código de inicio	prefijo del código de inicio (00 00 01 hex)	24
Identificación de flujo	Tipo (4 bits de mayor peso) y núm. (4 bits de menor peso) del PES	8
Longitud del paquete	longitud del PES (número de bytes restantes que siguen)	16
Bytes de relleno	bytes de relleno opcionales (valor FF hex)	0 a 16x8
bits "01"	principio del campo STD_buffer	2

Factor de escala STD	factor de escala para el buffer (0=128 bytes, 1=1024 bytes)	1
Tamaño del bufer STD	tamaño del buffer (en múltiplos de 128 o 1024 bytes)	13
PTS (opcional)	marcador de presentación (código de 4 bits+33 bits+marcador de 3 bits)	40
DTS (opcional)	marcador de decodificación (misma estructura que PTS)	40
Bits de datos	datos (N=packet_length menos tamaño de los 6 campos sig.)	Nx8

También puede contener un marcador de Tiempo de Decodificación (Decoding Time Stamp, DTS) que indique el momento de decodificación de la primera unidad de acceso (AU) del paquete y/o un marcador de Tiempo de Presentación (Presentation Time Stamp, PTS) que indique el instante donde la unidad de presentación correspondiente (PU) debe ser "presentada" (visualizada o sonorizada, según proceda). Consecuentemente dos tipos de marcas de tiempo deben usarse. El tiempo de decodificación DTS indica el tiempo cuando una imagen debe ser codificada, mientras el sello de tiempo de presentación PTS indica cuando esta debe ser presentada a la salida del decodificador.

Cuando una secuencia IPBB es recibida, las dos imágenes I y P deben ser decodificadas antes de la primera imagen B. Como un decodificador sólo puede decodificar una imagen a la vez; se debe decodificar una imagen I primero y luego debe ser almacenada, para después decodificar una imagen P, y con ellas poder crear las imágenes B esperadas.

La figura 31 muestra esto, primero se recibe una imagen I con sus respectivas marcas de tiempo DST y PTS, estas marcas de tiempo son separadas un periodo de imagen. Si la codificación es bidireccional, una imagen P debe seguir y esta también vendrá con marcas de tiempo DTS y PTS, pero la separación entre las dos marcas de tiempo es de tres periodos de imagen, para permitir la inclusión de la imagen B. De este modo una secuencia IPBB es recibida. I es demorada un periodo de imagen, P es demorada tres periodos de imagen, las dos imágenes B no son demoradas y la presentación de la secuencia descodificada es IBBP. Claramente si la estructura de las GOPs es cambiada de tal forma que haya más imágenes B entre I y P, las diferencias entre DTS y PTS de las imágenes P será muy grande.

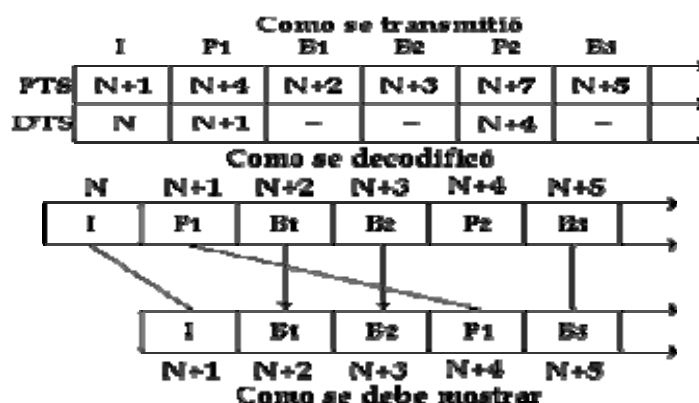


Figura 31. Ejemplo de cómo se usan PTS/DTS para sincronizar una codificación bidireccional

En los paquetes de audio existen marcas de tiempo del tipo PTS, los paquetes de audio nunca son transmitidos fuera de secuencia, entonces aquí no hay marcas de tiempo del tipo DTS.

Estos marcadores sirven también para sincronizar las funciones de decodificación de audio y video, enviándose con relativa frecuencia (la norma especifica un intervalo máximo de 0.7 segundos).

Se codifican sobre 33 bits, que representan un tiempo absoluto expresado en ciclos de reloj de referencia a 90 KHz.

Un paquete puede contener a continuación un número variable de bytes de datos, en función de las características del soporte de grabación o de transmisión utilizado.

La norma prevé también la posibilidad de añadir un flujo de ajuste (padding stream) para obtener un flujo constante o para la alineación sobre los sectores físicos de un dispositivo de almacenamiento, así como los bytes de relleno (stuffing bytes) en el interior de un paquete (máximo 16 por paquete).

Los paquetes se agrupan en packs, cuyo encabezado (pack header) proporciona la información de temporización y de flujo por medio de los campos de referencia de reloj del sistema (System Clock Reference, SCR) sobre 33 bits y del flujo del múltiplex (mux_rate_field).

Los campos SCR se utilizan para sincronizar en el decodificador un reloj común del sistema a 90_KHz (System Time Clock, STC) que sirva de base de tiempo y de unidad de medida para los campos DTS y PTS de los paquetes. Obsérvese esto en la figura 32.

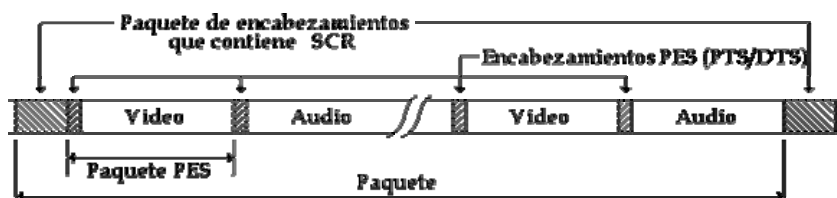


Figura 32. Un paquete es un conjunto de paquetes PES

El encabezado del paquete, cuyo formato se ilustra en el siguiente cuadro, comienza con un código de inicio de 32 bits. Ver Cuadro 15.

Cuadro 15. Estructura del encabezado de un paquete MPEG-1

Campo	Definición (comentario)	Núm. de bits
Código de inicio de paquete	código de inicio del paquete (00 00 01 BA hex)	32
bits "0010"	principio del campo SCR	4
SCR [32...30]	reloj de referencia del sistema (3 bits de mayor peso)	3
Bit de marca	bit siempre a "1"	1
SCR [29...15]	reloj de referencia del sistema (15 bits de peso medio)	15
Bit de marca	bit siempre a "1"	1
SCR [14...0]	reloj de referencia del sistema (15 bits de menor peso)	15
Bit de marca	bit siempre a "1"	1
Bit de marca	bit siempre a "1"	1
Tasa de multiplexaje	velocidad del multiplex MPEG (en múltiplos de 50 bytes/s)	22
Bit de marca	bit siempre a "1"	1

El primer paquete de un tren MPEG-1 contiene obligatoriamente un encabezado de sistema (system header).

Se trata de un paquete especial que resume el conjunto de parámetros del sistema utilizados para el transcurso de este tren (flujo máximo, identificación de los trenes elementales de audio, video y datos, tamaño mínimo del buffer de entrada, etc.).

El encabezado de sistema opcionalmente puede ser respetado durante cualquier nuevo paquete en curso del tren MPEG-1 para facilitar el acceso a un punto cualquiera de este tren. Este encabezado de sistema empieza por un código de inicio de 32 bits. Ver Cuadro 16.

Cuadro 16. Estructura del encabezado del sistema MPEG-1

Campo	Definición (comentario)	Nº de bits
código de inicio de encabezado de sistema	código de inicio de encabezado de sistema	32
código de inicio de encabezado	longitud de encabezado (Nº de bytes que quedan por seguir)	16
Bit de marca	bit siempre a "1"	1
Velocidad máxima	velocidad máxima (mux_rate) de la secuencia	22
Bit de marca	bit siempre a "1"	1
Audio obligado	No de PES de audio del bitstream (0 a 32)	6
Bandera arreglada	indica velocidad fija ("1") o variable ("0")	1
banderaCSPS	"1" si bitstream utiliza el "constrained parameter set"	1
Bandera cerrada de sistema de audio	"1" indica relación armónica entre STC y F.audio audio	1
Bandera cerrada del sistema de video	"1" indica relación armónica entre STC y F.imagen	1
Bit de marca	bit siempre a "1"	1
Video obligado	Nº de PES de video del bitstream (0 a 16)	5
Byte reservado	reservado para futuras ampliaciones	8
tren_ID1	identificación del primer PES (naturaleza y número)	8
bits "11"	bit de comienzo del campo STD_buffer	2
STD_buffer_obligado_escalal	"0" =128 bytes (audio), "1"=1024 bytes (video)	1
STD_tamaño de buffer obligado 1	tamaño máx. del buffer (múltiplo de 128 o 1024 bytes)	13
Tren ID2	identificación del segundo PES (naturaleza y número)	8
bits "11"	bit de comienzo del campo STD_buffer	2
STD buffer_obligado_escalal2	"0" =128 bytes (audio), "1"=1024 bytes (video)	1
STD_tamaño de buffer obligado 21	tamaño máx. del buffer (múltiplo de 128 o 1024 bytes)	13
etc. para (n-2) otros PES	igual para todos los PES (máx. 16 video, 32 audio, 2 private)	(n-2)x24

El número de trenes elementales que pueden componer un tren MPEG-1 se especifica del siguiente modo:

- video: 0 a 16
- audio: 0 a 32
- datos privados: 0 a 2

El tren MPEG-1 termina con un código final, también de 32 bits (00 00 01 B9 hex).

La figura 33 muestra de forma esquemática el contenido de un tren MPEG-1 completo.

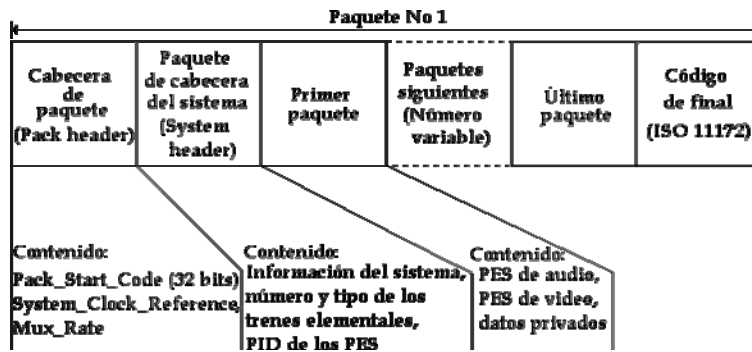


Figura 33. Contenido de un paquete MPEG-1

2.3.2.2 Multiplexado de las señales en MPEG-2

Al igual que en MPEG-1, los trenes elementales (ES) están organizados en paquetes para formar los Trenes Elementales Paquetizados (Packetized Elementary Streams PES) de video, audio y datos privados.

También como en MPEG-1, los paquetes PES empiezan por un encabezado de paquete, cuyo formato se describe con la ayuda de la Figura 34 y el Cuadro 17.

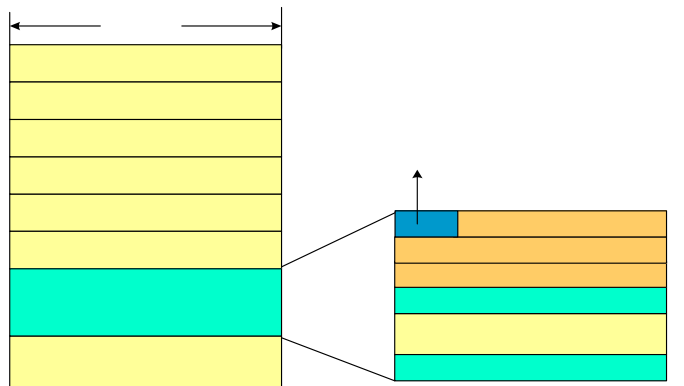


Figura 34. Encabezado de un PES MPEG-2

Cuadro 17. Estructura del encabezado del paquete MPEG-2

Campo	Definición	Nº de bits
Prefijo de código de inicio	código de inicio (00 00 01 hex)	24
Serie de identificadores	Identificación del PES	8
Longitud de paquete	longitud del PES	16
Control de cifrado PES	define si hay cifrado y su palabra de control	2
banderas	marcadores diversos	14
Longitud de encabezado PES	longitud de la parte restante de encabezado del PES (x+y)	8
Subcampos de encabezado PES_	campo variable que depende de los flags	x bytes
relleno	relleno	y bytes

La parte "sistema" de MPEG-2 (ISO/IEC 13818-1), que define la organización del multiplexado MPEG-2, prevé dos maneras distintas de multiplexar estos PES para formar dos tipos de trenes, dependiendo de la aplicación a la cual esté enfocada, como se ilustra en la Figura 35.

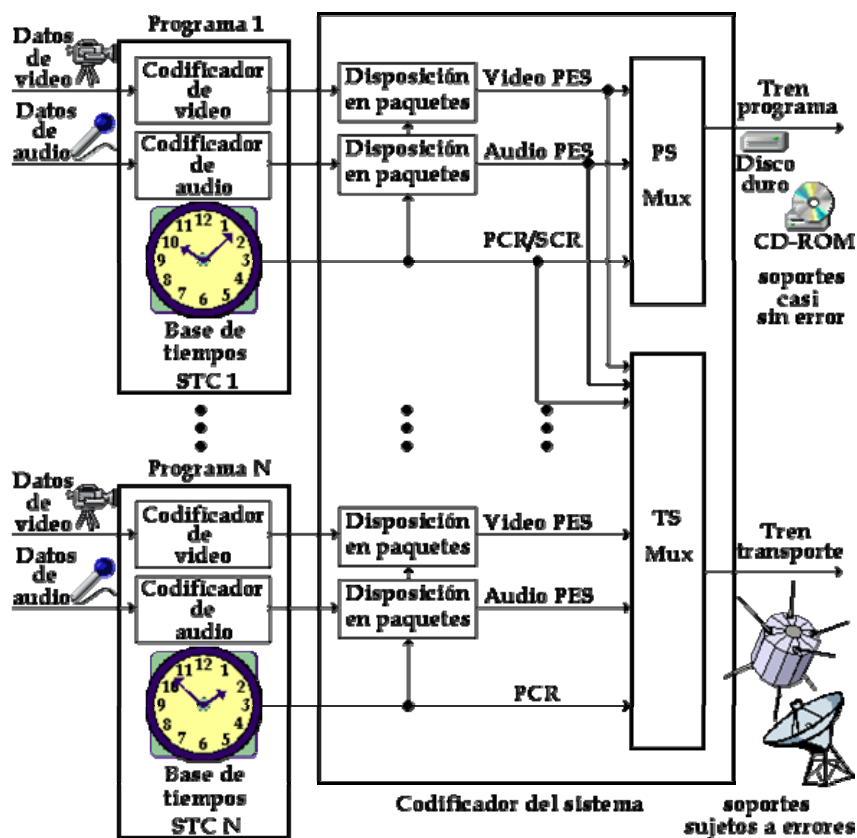


Figura 35. Esquema conceptual de la generación de trenes de programa y transporte MPEG-2

Tren de programa (Program Stream). El tren "programa" de MPEG-2 se crea a partir de uno o varias PES que deben obligatoriamente compartir el mismo reloj de referencia.

Este tipo de tren está destinado a aplicaciones donde el dispositivo de almacenamiento o de transmisión sea susceptible de introducir muy pocos errores (error free medium), como es el caso, por ejemplo, de las aplicaciones multimedia en CD-ROM o en disco duro. Aquí, estos paquetes pueden ser relativamente largos (por ejemplo, 2.048 bytes) y dado que está organizada de manera similar a un tren "sistema" MPEG-1, no se entrará en detalles.

Tren de transporte (Transport stream). El tren de transporte de MPEG-2 está principalmente destinado al transporte de programas de televisión a larga distancia sobre medios susceptibles de introducir un índice de errores bastante elevado (error prone medium); la longitud de los paquetes debe ser relativamente corta para permitir la introducción de técnicas de corrección de errores eficaces.

La longitud de los paquetes transporte de MPEG-2 ha sido fijada en 188 bytes, valor reservado especialmente para las emisiones vía satélite, cable o terrestres de la norma europea DVB.

Este tipo de tren está destinado a combinar varios programas que no compartan forzosamente el mismo reloj de sistema (STC) en el interior de un mismo multiplexor.

Los diferentes PES (video, audio, etc.) que forman un programa dado, deben sin embargo compartir el mismo reloj con el fin de poder ser sincronizados por el decodificador.

La Figura 36 ilustra el proceso de creación de un tren de transporte MPEG-2, del que se va a detallar ahora su constitución.

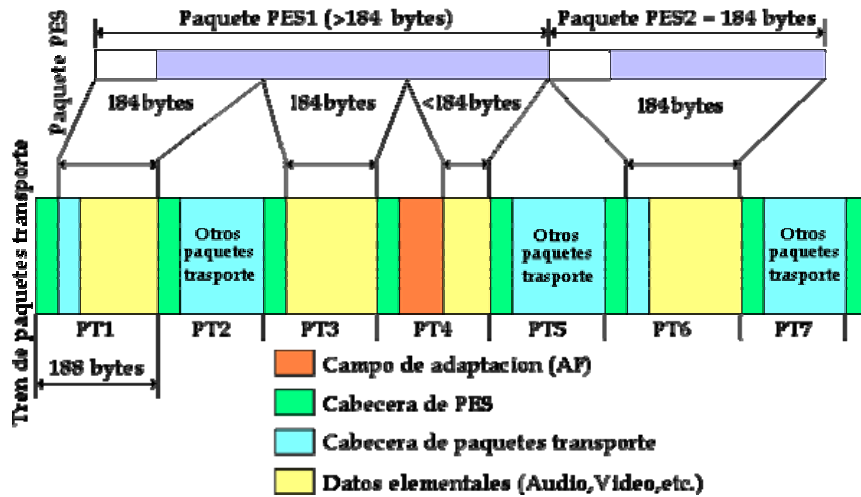


Figura 36. Creación de un tren Transport MPEG-2 a partir de los PES que lo componen

Constitución del paquete de transporte MPEG-2

Un paquete de transporte de 188 bytes se compone de un encabezado de paquete (packet header), de 4 bytes y de una "carga útil" (payload) de 184 bytes como máximo, eventualmente precedida de un campo de adaptación (adaptation field), como se muestra en la Figura 37. La carga útil está formada por paquetes de trenes elementales (Packetized Elementary Stream, PES) que componen los programas de televisión transmitidos por el canal, así como cierto número de datos auxiliares que permiten al codificador no perderse por el tren de transporte MPEG-2.

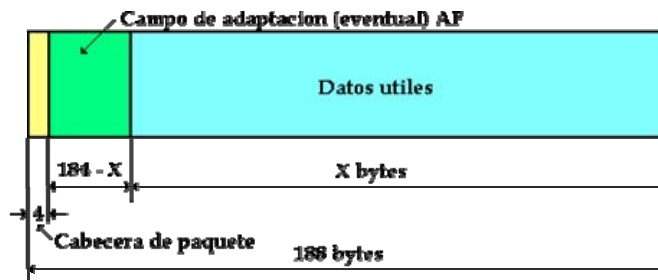


Figura 37. Constitución del paquete transporte (caso general)

El formato del encabezado del paquete de transporte se detalla en las Figuras 38, 39 y el cuadro 18.

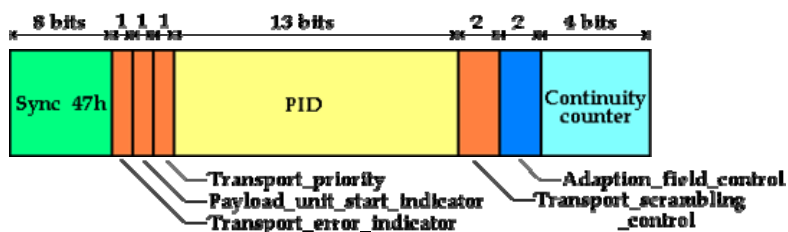
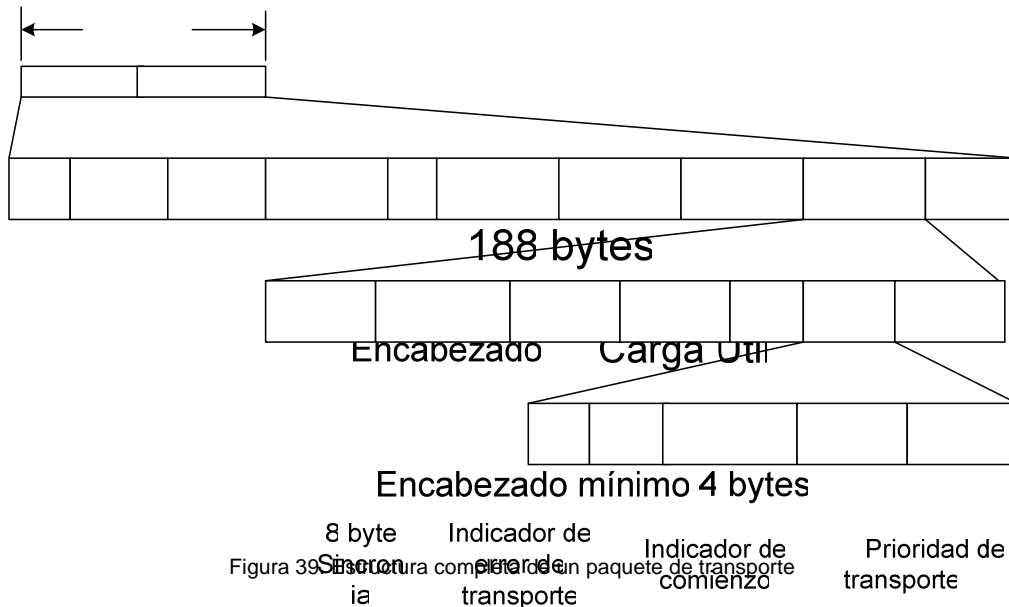


Figura 38. Detalle del encabezado del paquete transporte



Cuadro 18. Estructura de un encabezado de paquete de transporte MPEG-2

Campo	Definición (comentario)	Nº de bits
sync_byte	byte de sincronización 1000 0111 (47 hex)	8
ei	transport_error_indicator (indica un error detectado mas atrás)	1
pusi	payload_unit_start_indicator (inicio de PES en el paquete)	1
tpr	transport_priority (indicador de prioridad)	1
PID	Packet Identifier (identificación del paquete)	13
scr_flags	transport_scrambling_flags (tipo de cifrado de transporte)	2
af	adaptation_field_flag (campo de adaptación en el paquete)	1
pf	payload_flag (datos útiles en el paquete)	1
Cc	continuity_counter (contador de continuidad entre trozos)	4

PID 13
Control Ca 2
Indicador de discontinuidad 1

La norma ISO/IEC 13818-1 especifica que un paquete de transporte dado sólo puede transportar datos procedentes de un sólo paquete PES, y que un paquete PES empieza obligatoriamente al principio de un paquete de transporte y se termina obligatoriamente al final de un paquete de transporte.

Debido a la longitud mucho más pequeña de los paquetes de transporte (184 bytes útiles) con respecto a los paquetes PES (por ejemplo, 2048 bytes), estos últimos deberán ser por lo tanto divididos en trozos de 184 bytes.

Como la longitud de los paquetes PES en general no es múltiplo de 184 bytes, el último paquete de transporte de un paquete PES deberá empezar por un campo de adaptación (Adaptation Field, AF), cuya longitud será el complemento a 184 del número de bytes que queden por transmitir para terminar este último paquete PES, como se muestra en la Figura 40.

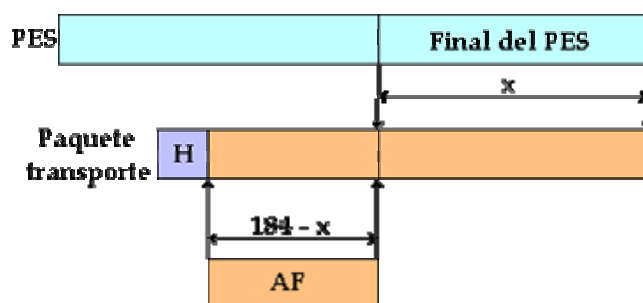


Figura 40. Constitución del último paquete de transporte de un PES

Además de esta función de relleno, el campo de adaptación se utilizara también para la transmisión del reloj de referencia del programa (Program Clock Reference, PCR), cuya cadencia de repetición mínima es de 10 por segundo, así como diversos tipos de datos opcionales.

Un paquete de transporte eventualmente podrá estar constituido únicamente por un campo de adaptación, de 184 bytes en este caso concreto (transporte de datos privados, PCR, etc.).

La Figura 41 ilustra el formato general del campo de adaptación, cuyo contenido se especifica en el Cuadro 19.



Figura 41. Detalle del campo de adaptación

Cuadro 19. Constitución del campo de adaptación MPEG-2

Campo	Definición	Nº de bits
Adaptación de longitud de campo	longitud total en bytes, menos 1 (y)	8
Banderas	marcadores que indican la información transportada	8
Campos opcionales	campos opcionales de datos (x bytes)	$x \times 8$
Relleno	campo de relleno (y-1-x bytes de valor FF hex)	$(y - 1 - x) \times 8$

ORGANIZACIÓN DEL MÚLTIPLEX DE TRANSPORTE

Como ya se ha visto, un múltiplex de transporte MPEG-2 puede transportar varios programas, cada uno compuesto por uno o varios trenes elementales de paquetes (PES).

A fin de que el decodificador pueda orientarse dentro de esta variedad de paquetes, MPEG-2 define cuatro tipos de tablas, que juntas constituyen la Información Específica de los Programas (Program Specific Information, PSI).

Tabla de Asociación de Programas (Program association table PAT). Esta tabla, cuya presencia es obligatoria, es transportada por los paquetes cuyo indicador lleva el número 0

(PID= 0x0000). Su función es la de indicar, para cada programa transportado por el múltiplex de transporte, la relación entre el número de programa (de 0 a 65535) y el PID de los paquetes que transportan una tabla que indica los datos que identifican el programa (Program Map Table, PMT). La PAT siempre se transmite "de forma clara", aunque todos los programas estén cifrados.

Tabla del Mapa de Programas (Program map table PMT). Existe una tabla presente por cada programa en el múltiplex. Principalmente indica (sin cifrar) los PID de los trenes elementales que constituyen el programa y, opcionalmente puede ser cifrada.

Puede ser transportada por paquetes de PID arbitraria, definidos por el emisor en la PAT (excepto 0x0000 y 0x0001).

Tabla de Acceso Condicional (Conditional access table CAT). Esta tabla debe estar presente a partir del momento en que al menos un programa sea de acceso condicional.

Se transporta por los paquetes de PID=0x0001 e indica los PID de los paquetes que transportan los EMM por uno o varios sistemas de control de acceso (una de las informaciones necesarias para el descifrado de los programas de acceso condicional).

La norma MPEG-2 prevé la posibilidad de añadir informaciones complementarias opcionales (DVB-SI, Service Information) que permiten que el receptor se configure automáticamente, al tiempo que ofrece al usuario la posibilidad de "navegar" entre los numerosos servicios que se ofrecen.

TABLAS PRINCIPALES DE DVB-SI

Tabla de Información de la Red (**Network information table NIT**). Esta tabla de información de red, cuyo contenido no está definido por MPEG, transporta informaciones específicas relativas a una red formada por varios canales físicos (por tanto, varios trenes de transporte independientes), tales como las frecuencias, los números de los canales de red utilizados en la configuración del receptor.

Esta tabla, si está presente, constituye por definición el programa 0 del múltiplex y es considerada como datos privados.

Tabla de Descripción de Servicios (Service description table SDT). Esta tabla lista los nombres y otros parámetros asociados a cada servicio de un mismo múltiplex.

Tabla de Información de Eventos (Event information table EIT). Esta tabla se utiliza para transmitir información relativa a los acontecimientos en curso o que vendrán en el múltiplex MPEG recibido en la actualidad y, ocasionalmente, sobre unos múltiplex MPEG.

Tabla de Horario y Fecha (Time and date table TDT). Esta tabla se utiliza para poner en hora el reloj interno del receptor (decodificador).

TABLAS OPCIONALES DE DVB-SI

Tabla de Asociación de Ramilletes (Bouquet association table BAT). Esta tabla se utiliza para agrupar la presentación al usuario de ramilletes (bouquets) de servicios asociados. Un servicio particular puede pertenecer a uno o varios ramilletes.

Tabla de Estado de Ejecución (Running status table (RST). Esta tabla se transmite para la actualización rápida de uno o varios acontecimientos, una sola vez, en el momento en que se produce un cambio (a diferencia de otras tablas que se transmiten de forma repetitiva).

Tablas de Relleno (Stuffing tables ST). Estas tablas de "relleno" se utilizan, por ejemplo para invalidar tablas que ya no sirven.

La frecuencia de repetición de las tablas no viene impuesta por la norma, no obstante, debe ser suficiente (de 10 a 50 veces por segundo) para que permita que el decodificador acceda con suficiente rapidez al programa buscado, especialmente, cuando se pone en marcha.

La información de algunas tablas (PAT, PMT) podrán eventualmente ser almacenadas en una memoria no volátil del decodificador para permitir un acceso más rápido tras la puesta en marcha. Posteriormente, esta memoria deberá actualizarse cuando se produzcan modificaciones esporádicas en el contenido del múltiplexor.

Cada tabla está constituida, según su importancia, por una o varias secciones (256 como máximo, con una longitud máxima de 1024 bytes, salvo para la tabla privada que puede alcanzar los 4026 bytes).

Los cuadros 20 a 23 muestran la estructura y los diferentes campos de las secciones de las 4 categorías de tablas (PAT, CAT, PMT Y PRIVADA) definidas por la norma MPEG-2.

Cuadro 20. Descripción de una sección de la tabla de asignación de programas (PAT)

Campo (PAT)	Comentario	Nº de bits
Identificador de tabla (00)	siempre a 0 para Program Allocation Table	8
Indicador de sintaxis de sección	siempre a "1"	1
"0"		1
Reservado		2
Longitud de la sección	2 bits de mayor peso a "0", valor máx. 1021	12
Identificador del tren de transporte	identificación del tren en una red	16
Reservado		2
Numero de versión	incrementando cada modificación del PAT	5
Indicador próximo corriente	"1"=PAT actual, "0"=próximo	1
Numero de sección	número de la sección en curso (1ª=00)	8
Siguiente número de sección	número de la última sección (Ntot-1)	8
Número de programa 0 ⁽¹⁾	Prg 0=tabla de información de red (NIT)	16
Reservado		3
PID de red	PID de tabla de información de red	13
Numero de programa 1	número de programa (1 a 65535)	16
reservado		3
Mapa de programa_PID	PID de tabla de identificación de programa (PMT)	13
...,etc	4 bytes por programa suplementario	...
CRC_32	CRC sobre 32 bits	32
⁽¹⁾ el programa 0 (tabla de información de red, o NIT) es opcional		

Cuadro 21. Descripción de una sección de la tabla de control de acceso (CAT)

Campo (CAT)	Comentario	Nº de bits
Identificador de tabla(01)	siempre a 01 para Control Access Table	8
Indicador de sintaxis de sección	siempre a "1"	1
"0"		1
reservado		2
Longitud de sección	2 bits de mayor peso a "0", valor máx. 1021	12
reservado		16
reservado		2
Numero de versión	incrementando con cada modificación de CAT	5
Indicador próximo corriente	"1"=CAT actual, "0"=próximo	1
Número de sección	número de sección en curso (1ª =00)	8
Siguiente número de sección	número de la última sección (Ntot-1)	8
descriptores	datos de control de acceso	máx. 1012 bytes
CRC_32	CRC sobre 32 bits	32

Cuadro 22. Descripción de una sección de la tabla de identificación de programa (PMT)

Campo (PMT)	Comentario	Nº de bits
Identificador de tabla(2)	siempre a 02 para Program Map Table	8
Indicador de sintaxis de sección	siempre a "1"	1
"0"		1
reservado		2
Longitud de sección	2 bits de mayor peso a "0", valor máx. 1021	12
Número de programa	especifica el programa descrito a continuación	16
reservado		2
Numero de versión	incrementando cada modificación de PMT	5
Indicador próximo corriente	"1"=MPT actual, "0"=próximo	1
Número de sección	siempre 0 (una sola sección, identificada .../...	8
Siguiente número de sección	.../... por el número de programa)	8
reservado		3
PCR_PID	PID de la Program Clock Reference (PCR)	13
reservado		4
Longitud de programa de información	longitud total de los datos utiles (bytes)	12
Tipo de tren ₁	naturaleza del tren elemental N° 1	8
reservado		3
PID ₁ elemental	PID del tren elemental N° 1	13
reservado		4

ES_información de longitud ₁	N ₁ = N° de bytes de los descriptores siguientes	12
descriptores ₁	datos complementarios	N ₁ bytes
Tipo de tren ₂	naturaleza del tren elemental N° 2	8
reservado		3
PID ₂ elemental	PID del tren elemental N° 2	13
reservado		4
ES_información de longitud ₂	N ₂ = N° de bytes de los descriptores siguientes	12
Descriptores ₂	datos complementarios	N ₂ bytes
..., etc. (ES N° x)		...
CRC_32	CRC sobre 32 bits	32

Cuadro 23. Descripción de una sección de datos privados (private section)

Campo (private)	Comentario	Nº de bits
Identificador de tabla	libre (excepto de 00h a 3Fh y FFh)	8
Indicador de sintaxis de sección	0=formato libre después de length, 1=estándar	1
Indicador privado	marcador (uso definido por el usuario)	1
Reservado		2
Longitud de sección privada	2 bits de mayor peso a "1", valor max. 4093	12
Byte de datos privados(1)	datos privados	max. 4093 bytes

(1) aquí, la zona de datos privados está representada en formato libre (syntax_indicator=0). Si syntax_indicator=1, el formato de datos privados es parecido al de la CAT (excepto en la longitud).

La Figura 42 muestra, de qué forma se utilizan las tablas descritas anteriormente, constituyendo una PSI.

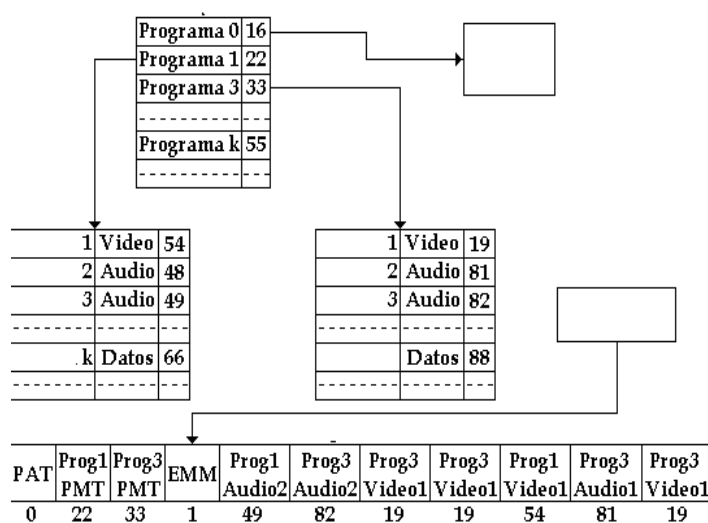


Figura 42. Estructura PSI

Inserción de las secciones de los paquetes de transporte

Al contrario que en los PES, las secciones no empiezan y acaban forzosamente con un paquete de transporte. Cuando una sección o un PES empieza en un paquete, el indicador de inicio de carga útil (payload_unit_start_indicator, PUSI) se pone a "1".

Cuando se trata de una sección, el paquete puede empezar al final de otra sección, precedida o no de un campo de adaptación (adaptation_field). El primer byte de la "carga útil" (payload) es un indicador llamado campo señalador (pointer_field) el que da el desplazamiento (offset) del comienzo de la nueva sección con respecto a este byte.

La Figura 43 ilustra el caso donde una sección empieza en un paquete de transporte, después de un campo de adaptación (AF) y el final de una sección anterior.



Figura 43. Caso general del comienzo de sección en un paquete de transporte

2.3.2.3 Como demultiplexar MPEG-2

Las siguientes son las principales etapas que hay que seguir para encontrar un programa o servicio en un múltiplex de transporte MPEG-2, una vez que el múltiplex ha sido capturado (sintonizado en un canal).

A partir de la captura (sincronización) de un nuevo canal:

- Filtrar el PID 0 para capturar los paquetes que transportan las secciones PAT.
- Construir la tabla de asociación de programas (PAT) a partir de las secciones.
- Presentar el menú de programas disponibles al usuario.

Después de elegir el programa:

- Filtrar los PID correspondientes a este programa
- Construir la tabla de programa a partir de las secciones correspondientes
- Filtrar el paquete indicado por el campo PCR -PID; recuperar el PCR y sincronizar el reloj del sistema STC
- Si hay varios PID de audio o video para este programa, presentar las opciones al usuario.

Una vez hecha esta nueva elección.

- Filtrar los PID correspondientes; puede empezar la decodificación propiamente dicha.

La parte visible por el usuario de este proceso es la presentación interactiva de la "Guía Electrónica de Programa" (Electronic Program Guide, EPG); generalmente asociada a la red por medio de la información proporcionada por las tablas DVB-SI, para permitirle navegar fácilmente por los distintos programas y servicios que se le ofrecen.

2.3.3 Servicios de la Televisión Digital

Además de los canales de programación que ofrece un sistema de televisión, en este caso un sistema de transmisión digital, un sistema DTTB puede ofrecer servicios potenciales de teletexto y de datos que hacen de la televisión un medio interactivo, proporcionándose aplicaciones tales como:

Conexión a Internet

Servicios de compra en el hogar

Acceso a servicios de trámites en bancos, centros comerciales e inclusive dependencias gubernamentales

Video sobre demanda (VOD)

Programación Educativa interactiva

Diálogo con el telespectador

Estrategias e investigación de mercado

Medición de niveles de audiencia

Participación interactiva del espectador en programas.

El acceso a estos servicios interactivos, proporcionados por el proveedor de servicios, se basa en el aprovechamiento del canal de retorno que ofrece un servicio digital como el de la televisión, lo cual puede llevarse a cabo a través del set-top-box de recepción que en un momento dado puede tener un enlace en tiempo real, vía módem, satélite o terrestre con la estación televisora, para establecer las peticiones de programación del suscriptor o en tiempo no real para descargar periódicamente la información de consumo que se acumula.

Así mismo, asociada a la innumerable cantidad de servicios y aplicaciones que se pueden derivar de un sistema DTTB, la configuración propia del sistema puede ser tal que contenga información de servicios inherente que se agrega a los datos de programa para que sea utilizada en la etapa de recepción con objeto de incrementar las posibilidades de este sistema digital, lo que también se conoce como datos adicionales.

En este sentido, la arquitectura de transporte de un sistema DTTB debe ser flexible y capaz de soportar un número de servicios de audio, video y datos a través de un sistema de multicanalización para ser transmitidos y entregados al usuario. Los servicios de datos pueden ser de programa relacionado o de programa no relacionado. Las funcionalidades de identificación son apropiadas para su uso en el receptor y así mejorar el comportamiento del sistema o perfeccionar el servicio para el espectador. Algunas funcionalidades se observan en las redes de distribución útiles para dar soporte al intercambio de programas, para ambientes de servicio escalable o para su uso en un escenario de transmisión simultánea.

Algunos de los servicios o información complementaria que se integran dentro de la capa de transporte de los sistemas DTTB pueden incluir, entre otros, los que se listan en la siguiente tabla:

Datos complementarios

EL SISTEMA DE TELEVISIÓN DIGITAL ATSC Y SU IMPLANTACIÓN

Tipos de compresión de audio e identificación de lenguaje	La sintaxis de la capa de transporte permite la definición de un mapa de programa que permite la identificación de servicios de audio individuales mediante sus algoritmos de compresión así como identificación de canales de lenguaje múltiple que pueden ser seleccionados por el espectador o por la red de distribución
Información de programa	Puede ser provisto como servicio de datos complementarios con su propio PID. Éste puede tomar la forma de una guía de programa que es personalizada por el proveedor de servicio.
Captación (Subtitulación)	La información de captación, como el audio asociado al video, debe ser sincronizada con cada cuadro de televisión. Dicha información podrían ser de identificación única y ser transportada como datos de usuario dentro de la capa de imagen de video.
Closed Caption (Subtitulación Codificada)	Este es un servicio diseñado para las personas con problema de escucha. Los servicios de captación cercana deben ser sincronizados con cada cuadro de televisión y deberían ser identificados y transportados como datos del usuario dentro de la capa de imagen de video.
Fuente de programa e identificación de programa	Estos servicios tienen muchos usos. Una aplicación es permitir el acceso automático a la programación para grabar y reproducir programas atrasados.
Identificación de acceso condicional	Los sistemas de acceso condicional pueden ser soportados por la sintaxis de transporte con la identificación de bits en el encabezado de paquete.
Información de la estructura de imagen	La habilidad de la sintaxis de video de transportar detalles de la estructura de muestreo de la imagen empleada en la codificación, incluyendo muestras por líneas, líneas por cuadro, cuadro por segundo, formato de barrido y razón de aspecto, facilita el uso del material de programa a través de un amplio espectro de aplicaciones
Cambio de escena y puntos de inserción limpia	Se usan algunos codificadores con algoritmos de detección automática de cambio de escena para mejorar la eficiencia de codificación. La información de cambio de escena puede ser útil a los sistemas de distribución para identificar puntos en el tren de datos donde la conmutación entre fuentes de trenes transmitidos pueden tener lugar. Estos puntos conocidos como de inserción limpia son útiles para los proveedores de servicio para modificar un servicio cooperativo de red y localizarlo dentro de su uso local.
Colorimetría	La información de las características de colorimetría del video codificado pueden ser soportadas en la capa de secuencia de video. Esto incluye una descripción de los colores primarios, características de transferencia y los coeficientes de la matriz de colores, y permite al dispositivo receptor acomodar apropiadamente las secuencias de imagen derivadas de las fuentes usando diferente colorimetría.

2.3.4 Protocolo de Información de Sistemas y Programas (PSIP)

El Protocolo de Información de Sistemas y Programas (**PSIP**) de ATSC, descrito en A/65B es el vínculo fundamental entre las estaciones de transmisión y el público. Es una pequeña colección de tablas diseñadas para operar con cualquier flujo de transporte de la televisión digital terrestre. Las funciones del PSIP son:

- Ofrecer a los telespectadores fácil acceso a la programación en DTV
- Mantener la presencia del canal
- Permitir la navegación y el acceso a cada uno de los servicios dentro del flujo de transporte
- Entregar una guía de programación (de 12 horas a 16 días)
- Ofrecer al usuario información para explorar y seleccionar programas
- Mostrar información clave del sistema, como las ID de fuente
- Mostrar información de asesoría en cuanto al contenido y sintonía

Hay dos categorías principales de información en el estándar ATSC PSIP: información del sistema y datos de programa. El sistema de información permite la navegación y el acceso de canales dentro del flujo de transporte de DTV, y los datos de programa proveen la información necesaria para eficientar la búsqueda y selección de eventos. Algunas tablas muestran anuncios de futuros eventos y algunas son usadas para localizar algún flujo digital de un evento. Los datos del PSIP son llevados a través de una colección de tablas arregladas jerárquicamente, repetidas en el flujo del paquete a intervalos frecuentes.

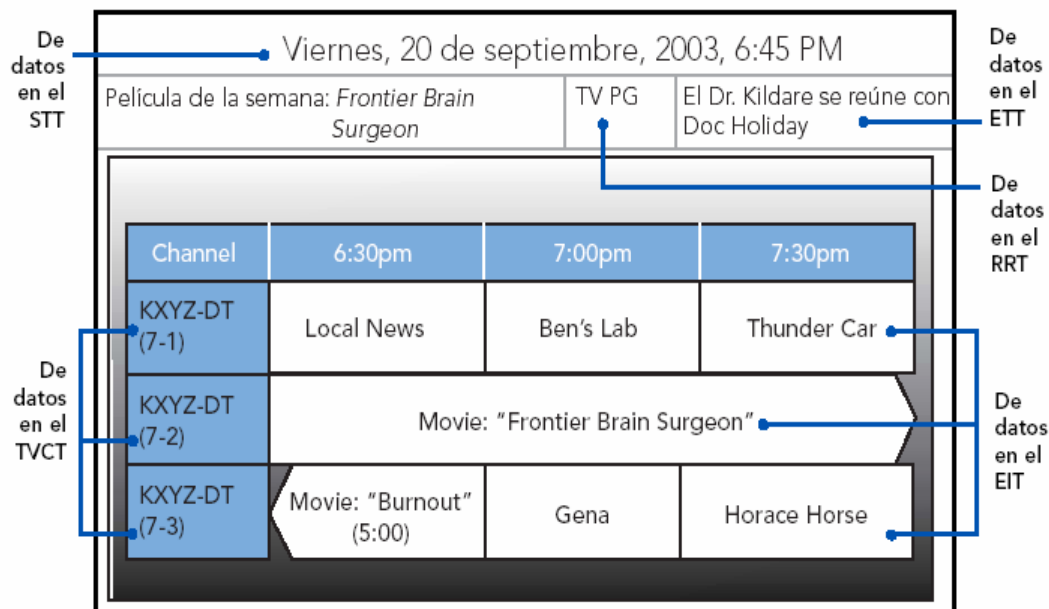


Fig 44

Bandera de transmisión

El objetivo del Descriptor de Control de Redistribución (RCD), conocido como la "Bandera de transmisión", es mostrar la información de redistribución que mantiene el propietario de los derechos de los programas para los eventos de audio, video o datos. La existencia del descriptor dentro del flujo de ATSC significará que el control tecnológico de la redistribución de los consumidores estará señalado. El PSIP de numeración de canales simplifica la selección de canales de parte del consumidor y mantiene los números de canal RF de NTSC de las estaciones (es decir Canal 4) lo que permite a los telespectadores sintonizar el canal 4 de DTV sin importar el canal RF real que se encuentre en la señal digital.

Otras mejoras en el PSIP: la mayoría de las estaciones de transmisión ofrecen información básica PSIP, pero desaprovechan capacidades tales como la guía de programación electrónica (EPG) que es fundamental para el éxito en el mercado. Uno de los desafíos actuales es que determinada información de los programas de debe ingresar al generador del PSIP en forma manual o a través de una interfaz personalizada. El grupo de especialistas de ATSC T3/S1 está creando una norma de meta información para la interconexión del tráfico, la automatización y los sistemas generadores del PSIP, lo que permitirá que las estaciones de transmisión automaticen la generación de información del PSIP.

2.4 TECNICAS DE CONTROL DE ERRORES

Codificación del Canal.

Una vez realizadas las operaciones de codificación de la fuente, tenemos un tren de transporte constituido por paquetes de 188 bytes que hay que transmitir vía radiofrecuencia (satélite, cable ó emisión terrestre) hacia los usuarios. Estos canales de transmisión desgraciadamente no están exentos de errores, debido a toda clase de perturbaciones que se añaden a la señal útil (ruido, interferencias, ecos, etc.).

Ahora bien, una señal digital, especialmente cuando se le ha quitado cualquier tipo de redundancia durante el proceso de compresión, requiere una tasa de errores (BER, Bit Error Rate) extremadamente pequeña para obtener un rendimiento satisfactorio (BER de

10^{-10} a 10^{-12} , es decir, del orden de un error por hora para un flujo útil de 30 Mbit/s).

Por tanto, conviene tomar ciertas medidas de prevención antes de la modulación para permitir la detección y la corrección en el receptor de la mayoría de los errores que pueda llevar el canal de transmisión en condiciones normales de utilización. Estas medidas, donde la principal consiste siempre en introducir una redundancia calculada en la señal (disminuyendo la eficacia del proceso de compresión), se llaman Forward Error Correction (FEC) y constituyen la esencia de la codificación del canal. Estas deberán estar adaptadas a las especificaciones del canal de transmisión.

Causas de Errores

Cada canal digital tiene su grupo de problemas y la solución aplicada sería diferente para cada tipo de canal. Sin embargo, hay cuatro escenarios comunes para todos los esquemas de manejo de errores.

- 1 Evitar errores y codificación redundante
- 2 Detección de errores
- 3 Corrección de errores
- 4 Cancelación de errores

Evitar errores y codificación redundante

El primer paso para el manejo de errores constituye un tipo de procesamiento anticipado de errores por venir. Esto se logra con muy buena ingeniería, haciendo tanto como podamos para evitar errores.

Detección de errores

El siguiente paso viene con una ingeniería muy inteligente llamada "codificación redundante". Sin la cual la detección de errores sería imposible. La detección es uno de los pasos más importantes y debe ser muy fiable.

Los códigos redundantes pueden ser extremadamente complejos, pero usaremos un ejemplo de comprobación de paridad para explicarlo. La comprobación de paridad agrega bits a los datos originales en los cuales un camino de errores puede ser reconocidos en el receptor. La figura 45 muestra palabras de cuatro bits en las cuales el quinto bit "de paridad" es agregado. Agregando un uno o un cero, el bit de paridad asegura que habrá un determinado número de unos en toda la palabra de datos codificada. Si el circuito de detección de errores en el receptor ve un número de unos diferente, sabrá que un error ha ocurrido.

Corrección de errores

El ejemplo de paridad, donde el receptor ve un número diferente de unos, se sabe que ha ocurrido un error, pero no cuál de ellos es el que está mal. Este error puede ser corregido pidiendo que se retransmita la palabra corrompida.

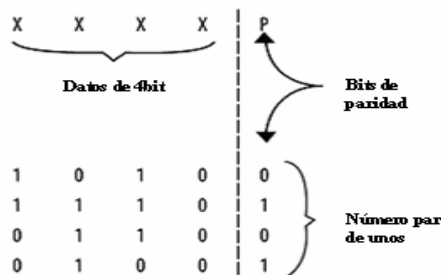


Fig 45 Codificación de paridad

La petición de retransmisión es comúnmente usada para corregir errores de cómputo, pero ellos tienen un lujo que no podemos permitirnos con el audio y video en tiempo real. Necesitamos los bits cuando los necesitamos y no podemos interrumpir el flujo por otro intento, se necesita un esquema que corrija los errores en tiempo real.

Un "crucigrama de comprobación de paridad" es un simple ejemplo de un código redundante que puede identificar cual bit está corrompido y así pueda ser arreglado. La figura 45, muestra los bits de paridad agregados a ambas filas y columnas. Si un bit único es deformado, fallará la fila y la columna de comprobación y el bit malo estará en la intersección de la fila y columna. Si hay algún uno en una locación corrupta, este será corregido a cero o uno.

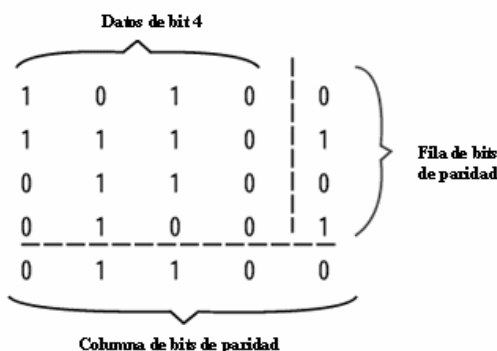


Fig 46 Revisión del crucigrama de paridad

En el ejemplo sólo se pueden detectar errores sencillos de bit. Para más de dos bits corruptos se requiere utilizar técnicas como la codificación Reed-Solomon o Trellis utilizadas en grabaciones digitales; los bits son agregados al frente del tren de datos básico de manera que los errores sean identificados y corregidos en la parte trasera.

Desafortunadamente, cualquier esquema tiene un número finito de errores que pueden ser corregidos. Las ráfagas de errores cercanamente espaciadas son acontecimientos comunes, y una ráfaga puede estropear más datos de los que aún el mejor codificador pueda arreglar. Algunas veces los datos pueden ser entrelazados durante la transmisión o grabación para mejorar las oportunidades del sistema y enfrentar dichas ráfagas.

Cancelación del Error

La única manera de corregir un error es cancelándolo. Un ejemplo de cancelación de error es la compensación por pérdida de información usada en las grabaciones de video. Durante la reproducción, cuando la pérdida de información es detectada, un compensador de pérdida de información inserta algo de video de una línea previa en el hoyo creado por la pérdida de señal. Ya que las líneas adyacentes usualmente contienen video similar, la idea funciona muy bien.

Esta idea ha sido refinada y mejorada en los sistemas digitales. Con el audio digital, el arreglo simple es la aproximación de una muestra perdida por la interpolación de un valor de una muestra de cualquier lado. Un método más avanzado realiza un análisis espectral del sonido e inserta muestras con las mismas características espectrales.

Para el video digital, las muestras perdidas pueden ser aproximadas de los unos adyacentes en la misma línea, aquellos en líneas adyacentes y/o unos previos y campos sucesivos. Esta técnica funciona porque hay mucha redundancia en una imagen de video.

2.4.1 Codificador de Reed-Solomon (Reed-Solomon Encoding)

El codificador Reed-Solomon (RS) provee una protección de errores (FEC) para el tren de datos. El codificador RS toma los 187 bytes de una entrada de paquetes MPEG-2 (recordando que el paquete de sincronía, de sincronización de byte, ha sido quitado) calcula 20 bytes de paridad (conocidos como bytes de paridad Reed-Solomon), y los adiciona al final del paquete.

El receptor compara los 187 bytes recibidos a los 20 bytes de paridad en orden para determinar la validez de los datos recuperados. Si se detectan errores, el receptor puede usar los bytes de paridad para localizar y corregir los errores.

La codificación Reed-Solomon es un esquema de corrección de errores (FEC) aplicado a la secuencia de datos entrante. La corrección predictiva es un término general usado para describir una variedad de técnicas que se pueden utilizar para corregir los errores que ocurren durante la transmisión. El ruido atmosférico, la propagación multitrayectoria, desvanecimiento de señal y las no linealidades del transmisor pueden crear errores en los bits. La corrección hacia delante o directa puede detectar y corregir estos errores, hasta un límite razonable.

El codificador Reed-Solomon toma todos los 187 bytes de un paquete entrante MPEG-2 (habiendo quitado la señal de sincronía) y los manipula matemáticamente como un bloque para crear una especie de "esbozo del cuadro digital" del contenido del bloque. Este "esbozo" ocupa 20 bytes adicionales que luego se insertan sobre el final del paquete original de 187 bytes. Estos 20 bytes son conocidos como los bytes de paridad Reed-Solomon. El receptor compara el bloque de 187 bytes recibido a los 20 bytes de paridad para determinar la validez de los datos recuperados. Si se detectan errores, el receptor puede usar los bytes de paridad para localizar la exacta ubicación de los errores, modifica los bytes corruptos, y reconstruye la información original.

Si se presentan muchos errores en un paquete dado, y la paridad Reed-Solomon no logra validar los datos recibidos, el paquete entero de MPEG-2 debe ser desechado.

2.4.2 Códigos Entrelazados (Data Interleaver)

El entrelazado de datos altera el orden de la secuencia del tren de datos y dispersa los paquetes de datos MPEG 2 a través del tiempo (arriba de un rango de 4.5 mseg a través del uso de buffers de memoria) para reducir al mínimo la sensibilidad de la señal transmitida al ruido.

El entrelazador de datos entonces forma un nuevo paquete de datos incorporando minúsculos fragmentos de diferentes paquetes de MPEG-2. Estos paquetes de datos son reconstituidos con la misma longitud de los paquetes originales MPEG-2 (después del codificado Reed-Solomon).

El entrelazado de datos se hace de acuerdo a un patrón conocido, este proceso se invierte en el receptor para recuperar el orden apropiado de los datos.

Esta etapa sirve para aumentar la eficacia de la codificación Reed-Solomon. A fin de repartir en el tiempo los errores introducidos por el canal, que a menudo se producen a ráfagas que afectan a varios bytes consecutivos, sobrepasando de esta forma la capacidad de corrección del código Reed-Solomon (8 bytes por paquete), se procede a un entrelazado temporal de los bytes modificando su orden de transmisión.

2.4.3 Codificador Trellis

El codificado Trellis es otra forma de corrección de error directa (Forward Error Correction), conocido como codificado convolucional. Doce diferentes codificadores Trellis operan en paralelo, proveyendo otra forma de entrelazado para suministrar protección futura en contra de la interferencia tipo ráfaga.

En general, cada palabra de datos de 8-bit es dividida sobre un tren de cuatro palabras de 2-bit. Por cada dos bits que entran al codificador Trellis (Trellis encoder), tres bits salen de él. Por esta razón, el codificador Trellis en el sistema 8-VSB, se dice que tiene una taza o razón de (2/3). Estos códigos de 3-bit son sustituidos por las palabras originales de 2-bit y transmitidos como uno de los ocho niveles de símbolo de 8-VSB.

El decodificador Trellis en el receptor utiliza los códigos de transición de 3-bit recibidos para reconstruir la evolución del tren de datos a partir de una palabra 2-bit a la siguiente. El poder de la codificación Trellis yace en la habilidad para seguir la historia de una señal a través del tiempo y desechar información defectuosa (errores) basado sobre el pasado de las señales y su comportamiento futuro. Esto es algo como seguir los pasos de una persona a través de la nieve en una acera ocupada. Cuando la huella se vuelve confusa con otras (es decir se reciben errores), el Trellis tiene la capacidad de seguir varios "rastros" posibles para algunas huellas y tomar una decisión en cuanto a cual de las impresiones son las correctas.

2.5 MODULACIÓN DIGITAL

2.5.1 Métodos de Modulación Digital

De los sistemas de modulación genéricos como m-VSB, m-QAM, m-PSK o m-QPSK, éste último requiere mayor potencia de transmisión, por lo que los sistemas de modulación VSB y QAM que requieren niveles de potencia menor y tienen un desempeño de ruido similares, son preferidos.

Estas técnicas de modulación pueden ser aplicadas tanto a una portadora única modulada a una alta tasa de bits alta o a un gran número de portadoras moduladas a tasas relativamente bajas. Dentro de los sistemas DTTB existentes, las técnicas de modulación empleadas son básicamente la de portadora única (SCM) con el sistema 8-VSB y la de portadora múltiple (MCM) con el sistema OFDM.

Debido a las severas degradaciones del canal que ocurren en las bandas de televisión VHF y UHF, las condiciones de transmisión para un sistema DTTB son significativamente más difíciles que para la transmisión satelital o por cable.

Características de la Modulación Digital

Filtrado del Canal

Una particularidad del espectro en la transmisión digital es que en un instante de tiempo todo el espectro transmitido le corresponde al mismo bit (canal de información). En cambio en la transmisión analógica el espectro en cada instante lleva información de cada uno de los canales que componen la multiplexación en frecuencia FDM.

El espectro de la señal digital antes del modulador es recortado mediante un filtro pasabajos; luego del modulador se filtra mediante un filtro pasobanda. El espectro de la señal de banda base o de frecuencia intermedia consiste en una envolvente del tipo **sinc f** (sen f/f). El número de armónicas contenidas por la envolvente depende de la periodicidad de la señal. La separación entre ellas corresponde a la inversa del período expresado en segundos.

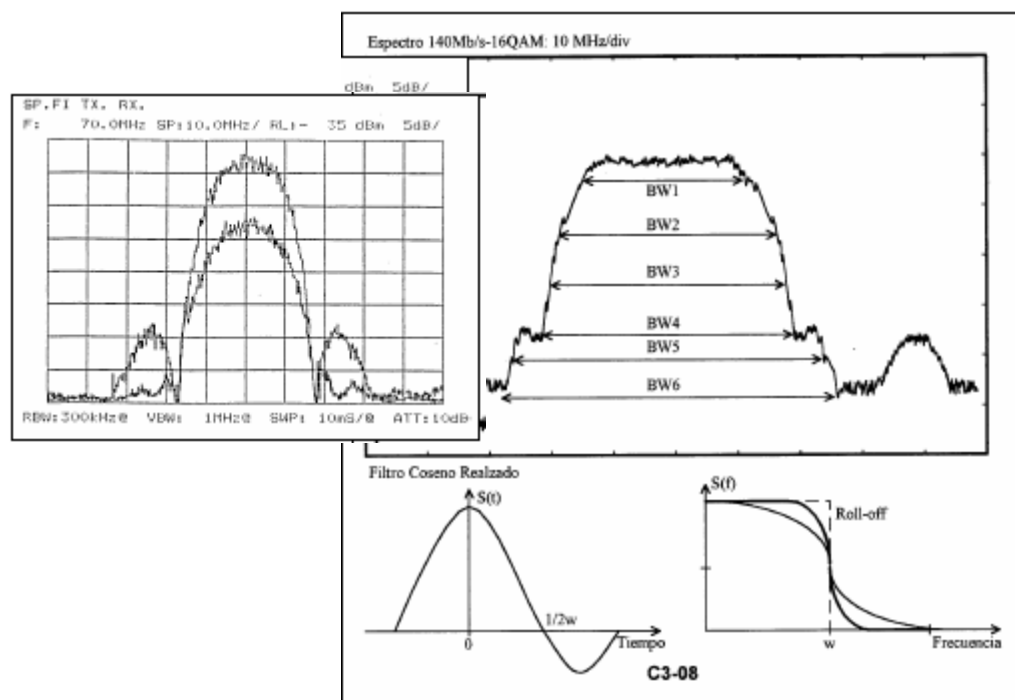


Fig 47 Espectro de modulación digital.

Cuando se limita la banda del canal el espectro transmitido se ve truncado y el pulso rectangular se extiende en el tiempo. Una señal rectangular en el tiempo tiene asociado un espectro infinito en la frecuencia; en cambio, un espectro limitado en frecuencia tiene asociada una señal no limitada en el tiempo. Se produce la interferencia intersímbolo (ISI) producto de la superposición de las "colas" de un pulso sobre adyacentes.

La ISI se anula cuando la frecuencia de corte W del filtro es igual a la mitad de la velocidad de transmisión expresada en Hz. En la fig 47 se encuentra la explicación conceptual: un espectro aproximadamente rectangular tiene asociado una señal similar a sinc t; si se cumple $W = V_{tx}/2$

el punto de anulación de la función sinc t ocurre en el centro de los pulsos adyacentes, eliminando la interferencia del pulso sobre los otros.

El filtrado se realiza mediante la transferencia coseno levantado. Dicha transferencia se muestra en la misma Fig 47 y tiene la particularidad que mantiene la ISI acotada a un mínimo y es "realizable" electrónicamente.

El coeficiente *de caída* es un parámetro de diseño del filtro. Cuando la caída tiende a cero se acorta la banda y se tiende al filtrado ideal. El valor máximo posible es uno. Generalmente se indica el valor de caída como un número (típico 0,2 a 0,7) o un porcentaje (20 a 70%). Los filtros en banda base se realizan mediante filtros digitales y en frecuencia intermedia mediante filtros L-C o de Onda Acústica Superficial SAW.

Ancho de Banda: Existen varios criterios para la definición del ancho de banda que ocupa un canal. La fig 47 muestra las definiciones de la tabla 01:

Tabla 01. Definiciones alternativas de ancho de banda.

Ruido	BW1 El ancho de banda equivalente de ruido se trata de un espectro rectangular de ruido con igual valor de potencia que el espectro digital completo.
3 dB	BW2 El ancho de banda a mitad de potencia donde se tiene una atenuación de 3 dB respecto del valor máximo en el centro del espectro.
-50 dB	BW3 El ancho de banda con densidad de potencia delimitada consiste en declarar un umbral entre 35 y 50 dB respecto del máximo en la portadora por debajo del cual se encuentra la densidad de potencia.
Nyquist	BW4 El ancho de banda de Nyquist corresponde a la frecuencia de corte del filtrado ideal $W=V_{tx}/2$.
Nulo	BW5 El ancho de banda al primer punto de anulación del espectro corresponde al primer lóbulo coincidente con $1/T$ (T es el tiempo de duración del pulso).
99%	BW6 El ancho de banda que contiene la mayoría de la potencia es, por ejemplo, el 99% de la potencia total. La FCC de USA adopta este criterio.

De acuerdo con el ancho de banda previsto por el ITU-R en las distintas gamas de frecuencias se requieren los siguientes métodos de modulación:

Ancho de banda

40 MHz
60 MHz (± 28 MHz)
80 MHz (± 40 MHz)

Sistema de transmisión posible

34 Mb/s-4 PSK
140 Mb/s-64 QAM y 155 Mb/s-128 TCM
140 Mb/s-16 QAM; 155 Mb/s-64 TCM y 2x155 Mb/s-512 TCM

2.5.2 Eficiencia Espectral

La eficiencia espectral E_e es el cociente entre la velocidad de transmisión V_{tx} en b/s y el ancho de banda ocupado en Hz. Como el ancho de banda mínimo teórico es el de Nyquist (las dos bandas laterales hasta $V_{tx}/2$ reducido por la modulación multinivel) y se expresa mediante V_{tx}/K , la E_e es un número independiente de la velocidad de transmisión y solo asociado al método de modulación. El factor K corresponde al número de bits transmitidos en un símbolo.

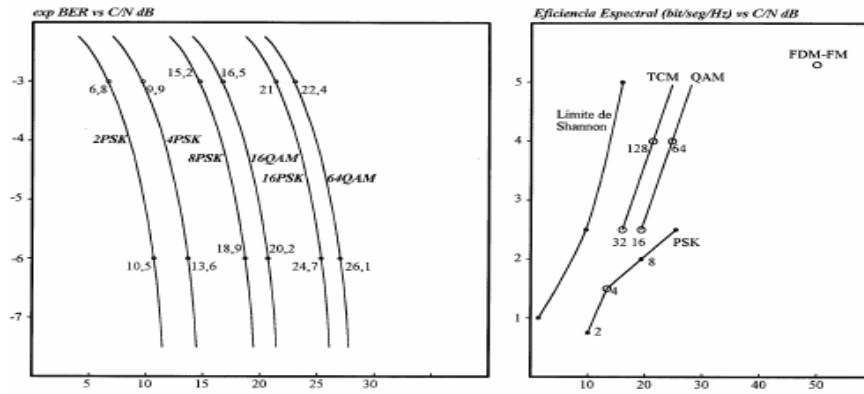


Fig 48 Características de la modulación digital

La eficiencia espectral teórica para los métodos de modulación es igual al número de bits por símbolo transmitido. El valor práctico es inferior debido a que la banda ocupada también es superior; el filtrado no es ideal. En la fig 48 se observa el valor teórico de eficiencia espectral relacionado con la relación portadora a ruido C/N necesaria para asegurar una determinada tasa de error BER.

CARACTERÍSTICA BER vs C/N

En la medida que el número de fases se incrementa la tasa de bits en error BER aumenta con el mismo nivel de ruido, lo cual queda en evidencia a partir del diagrama de la fig 48. Para un mismo método de modulación, en la medida que la relación portadora a ruido C/N disminuye la BER se incrementa. En la fig 49 se muestra dicha variación para la modulación 16QAM y 32TCM. La característica BER vs C/N empeora (se corre hacia la derecha) con la presencia de interferencias en el enlace y con el incremento de la potencia del transmisor.

Se denomina Back off a la diferencia entre la potencia de saturación y la potencia de emisión. Este valor debe ser suficientemente alto como para no eliminar la modulación de amplitud superpuesta a la de fase. El valor del Back off se incrementa con el número de fases: 2 dB para 4PSK; 6 dB para 16QAM y 8 dB para 64QAM.

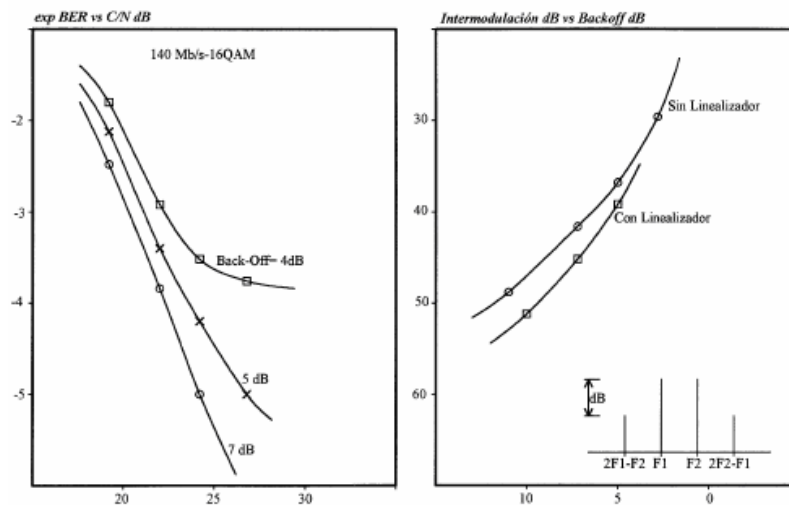


Fig 49

2.5.3 8-VSB en ATSC

Las características de la señal en banda definen la calidad de la señal de DTV según lo generado en un transmisor de televisión y alimentado a la línea de transmisión y a la antena para su transmisión al receptor de DTV. A continuación se describen algunos parámetros que determinan la calidad de la señal:

Descripción de la Señal VSB

Forma del Espectro

El sistema de transmisión de ATSC es de Banda Lateral Vestigial (VSB) digital, el cual transmite una señal de datos modulada con la mayoría de la banda lateral baja suprimida. La calidad de la señal de DTV recibida es determinada principalmente por la apertura del “diagrama de ojo” de la forma de onda de los datos la cual es afectada principalmente en la orilla de la banda superior del canal RF. La caída de la orilla de la banda superior del transmisor en cascada y de los filtros del receptor deberán ser asimétricos a la frecuencia Nyquist de 5.381119 MHz (descrito como coseno elevado). El transmisor y receptor digital VSB comparten el proceso de filtrado Nyquist igualmente, esto significa una región de caída de la raíz del coseno elevado una para cada uno.

Se define un exceso de ancho de banda para los requerimientos de transmisión de datos más allá del ancho de banda Nyquist “mínimo ideal”. Para el sistema ATSC donde se emplean canales de 6 MHz, se utiliza un exceso de ancho de banda de 0.619 MHz. El canal transmisor de RF ideal para la respuesta en frecuencia se muestra en la figura 50, donde las regiones de caída se caracterizan por la raíz del coseno elevado. Dado que la portadora de RF es modulada por una señal de datos aleatoria, señal RF aparece como ruido al natural, por esa razón se tiene un espectro plano sobre la mayoría de los canales de 6 MHz.

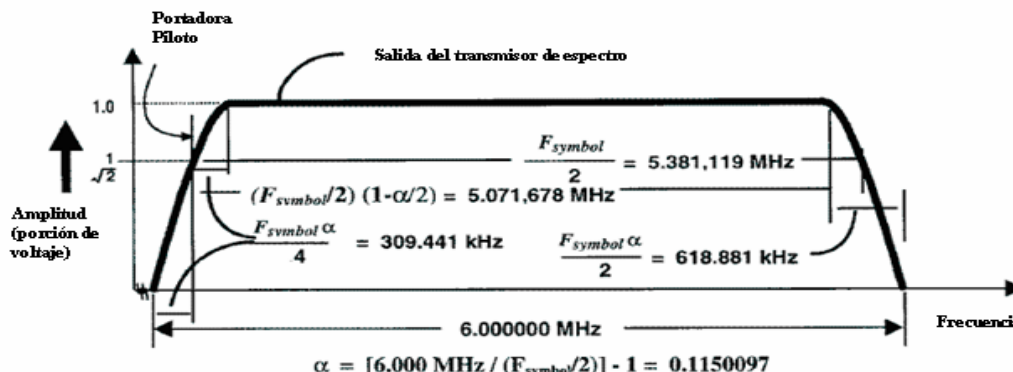


Figura 50 Respuesta idealizada de DTV para el canal transmisión espectral con regiones de caída de coseno elevado

Forma del Pulso de Datos

Juntos, los filtros en cascada del transmisor y receptor tiene una respuesta en magnitud plana con regiones de caída de coseno elevado. Dado que la señal transmitida no tiene doble banda lateral, la señal VSB demodulada tendrá una componente en fase (I) y una componente en fase cuadrada (Q), figura 51. Como resultado del uso de filtros de raíz del coseno, la respuesta a impulso del canal I, resonara 40 símbolos antes y después del impulso principal, y viajará a través de cero en el tiempo del símbolo previo y subsecuente. Esta es una propiedad del sistema que permite que la resonancia de la respuesta a impulso no causa interferencia ínter símbolo (ISI), esto es lo que permite la apertura de los ojos de datos en el canal I. También hay que notar que la respuesta del canal Q es antisimétrica en el tiempo alrededor de cero, no tiene componente DC, y va a cero solamente cada “otro” tiempo de símbolo, esto quiere decir que el canal Q no tiene “ojos de datos” como el canal I. Por lo que se piensa que la función del canal

Q es cancelar la apropiada banda lateral y mientras que el canal I transporta los datos de información.

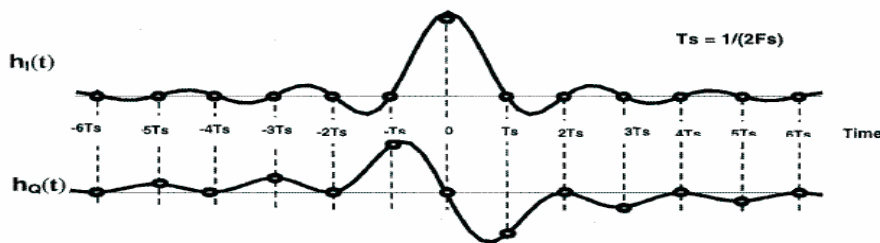


Fig 51 Sistema de respuesta a impulso I y Q

Análisis del patrón de datos del “diagrama de ojo”

Después de la demodulación VSB, la componente del canal I, proporciona el pulso de datos deseado, y cuando se visualiza repetitivamente la tasa de símbolo, se producirá un patrón de datos como un “diagrama de ojo” (figura 52). Este diagrama de ojo no será perfecto cuando tenga menos de 100% de aperturas de ojo (u ojos cerrados) por efectos lineares y no lineares o ruido blanco; la interferencia de una señal directa encontrada en el camino de propagación causará el cierre de ojos, esta podría ser causada por cualquier fuente, incluyendo una de NTSC u otro canal de DTV, teniendo componentes dentro del canal deseado de DTV, causando sobrecarga de sintonía.

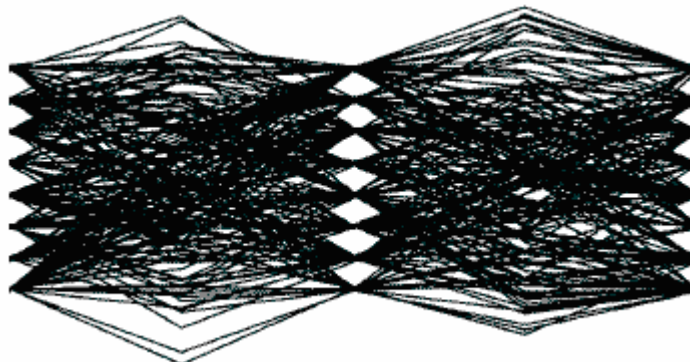


Fig 52 Patrón de ojo del Canal-I de símbolo de datos de 8T-VSB

Magnitud del vector de error (EVM) en banda o SNR (MER)

Los anteriores distorsionadores de la señal pueden ser cuantificados por su efecto en el estado de la señal por una cantidad escalar llamada Magnitud del Vector de Error (EVM), definida como la magnitud del vector complejo que conecta el fasor de la señal ideal I/Q con el fasor de la señal medida (recibida)

$$EVM = \sqrt{I_{ERR}^2 + Q_{ERR}^2}$$

donde I_{ERR} es el error del canal I en cada tiempo de símbolo y Q_{ERR} es el error del canal Q en cada tiempo de símbolo.

EVM es expresado frecuentemente como la proporción, en porcentaje, del error total RMS normalizado a la salida de los niveles de datos de la mayoría de las constelaciones ideales y es sólo una figura de mérito para la calidad de la señal.

EVM puede verse en el diagrama de la constelación VSB I/Q (figura 53). Un diagrama de constelación muestra las señales de los canales I contra el Q solamente a tiempo de símbolo de reloj, ignorando los tiempos de transición entre símbolos. Los diagramas de constelación ayudan a identificar cosas tales como desbalanceo de amplitud, error de cuadratura o ruido de fase. Cualquier salida del estado deseado de la señal a lo largo del eje I o Q, es un error y crea líneas verticales distorsionadas. Idealmente, los ocho estados de datos crean delgadas líneas verticales en el diagrama de constelación.

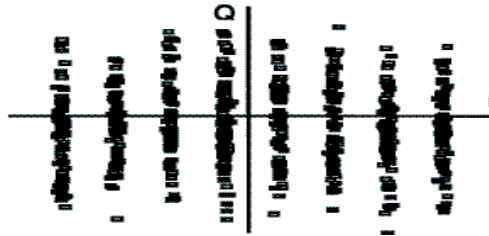


Fig 53 Diagrama de Constelación VSB I/Q

Otro parámetro de figura de mérito para la calidad de la señal es la razón de señal a ruido (SNR) o proporción de error de modulación (MER). SNR es la proporción de la potencia de la señal para la potencia de "ruido", donde el ruido incluye cualquier fuente de ruido que causa la desviación de los símbolos recibidos, desviándolos de su posición de estado ideal.

La ATSC sugiere que la razón SNR a la salida del transmisor sea por lo menos de 27 dB para mínimos efectos en la recepción de DTV a través del área de cobertura de las transmisoras. El valor de 27 dB proporcionan el peor caso de degradación en el umbral S/N en el receptor VSB de no mas de 0.3 dB, de 15.0 dB a 15.3 dB. Esto tiene el efecto de reducción del área de cobertura de aproximadamente 0.3 millas para trabajos en UHF.

Sin embargo, el valor de 27 dB es el peor caso de degradación porque el espectro del transmisor podría encontrarse con una máscara de emisión rígida de la FCC, la cual tiene salpicaduras de banda lateral en canales adyacentes de al menos -36 dB relativo a la parte superior plana del espectro (figura54). La especificación de la FCC se describe en términos de la plataforma de la orilla de la banda de 500 kHz siendo 47 dB por debajo del total de la potencia total promedio de la DTV, (se puede observar esto en la figura 5 en lo alto de la gráfica), la cual cuando se corrige para anchos de banda de 6dB para DTV, significa que los hombros están cerca de 36dB por debajo del espectro plano de la parte alta.

Al ecualizador lineal del receptor de DTV se le puede fácilmente remover la distorsión lineal, resultando en una degradación en el umbral menor que el peor caso de 0.3 dB.

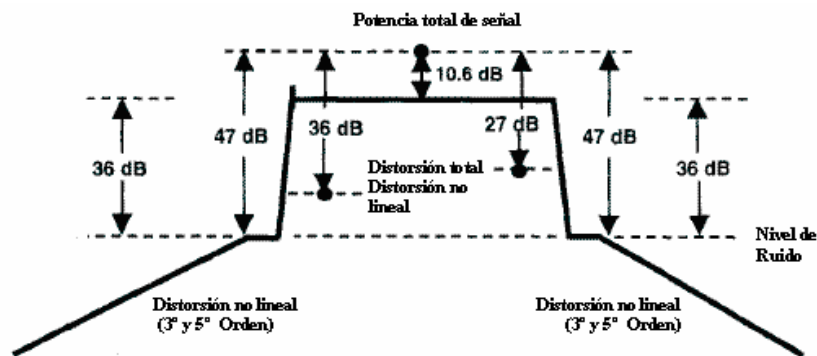


Fig 54 Definición en banda SNR basada en la señal VSB en conformidad con la máscara de emisión de canal adyacente

Especificaciones para la potencia de transmisión

Las señales NTSC son descritas por su potencia a pico de sincronía, la cual está bien definida por sus pulsos horizontales y verticales de sincronización. La potencia media NTSC, por otro lado, no es constante pero raramente depende de la modulación de video. La potencia a pico de sincronía es definida como la potencia de la portadora RF promedio medida únicamente durante su región de sincronía.

La señales de DTV son portadoras moduladas por una señal de datos aleatoria, y además aparece como señal de ruido que es la mejor descrita por su constante de potencia media. Los picos de la señal de DTV, a diferencia de los de NTSC, no son constantes y deben ser descritos estadísticamente por una función de distribución acumulativa. Una equivalencia se puede encontrar en el teorema de Parseval:

$$P_{ave} = AVE \left[\int v^2(t) dt \right] = AVE \left[\int |F(w)|^2 dw \right]$$

La figura 55 muestra el espectro de DTV típico con distorsión por ínter modulación de 3er o 5º orden causando un derramamiento del canal adyacente.

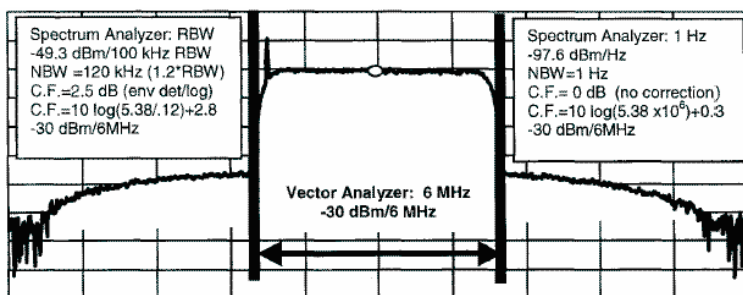


Fig 55 Espectro de DTV para varios métodos de medición de la potencia promedio

Las variaciones en la potencia de la DTV tienen efectos directos en la recuperación de la señal en la periferia del área de servicio. Por el llamado efecto de acantilado, hay una reducción de 1.0 dB en la potencia de transmisión. La ATSC sugiere una tolerancia en la potencia efectiva radiada de $\pm 5\%$, o ± 0.22 dB.

Razón de Potencia Pico-a- Media

La potencia a pico puede ser descrita como un nivel de potencia particular para cierto porcentaje de tiempo. La medición de la razón de potencia pico a media es un método representado por histogramas, muestreando sobre ciertos lugares de modulación dentro de cubos, en un determinado periodo de tiempo, después se toma la porción de esos valores de los cubos en la media de la potencia a largo plazo. Cuando un histograma de muestras sobre la potencia se integra, se obtiene una función acumulativa de distribución (CDF) para una señal de VSB. Figura 56. La razón de potencia de pico a media provee a las transmisoras una idea de cuán arriba el amplificador de alta potencia debe estar en razón de evitar un excesivo truncamiento de la señal digitalmente modulada la cual incrementa la salpicadura de canales adyacentes.

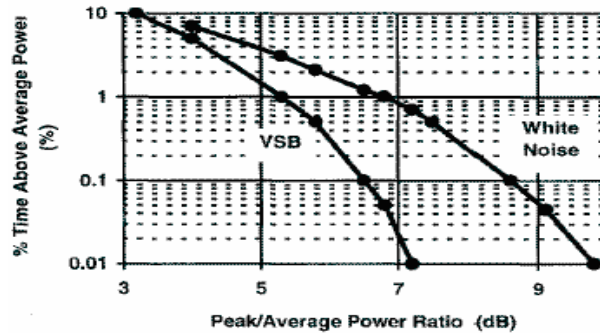


Fig 56 típica porción de potencia pico a medio de DTV

Tolerancia del Símbolo y Frecuencia de transporte de Reloj

La tasa de símbolo de reloj F_{SYM} se define como los 684 tiempos de barrido horizontal de la NTSC de la frecuencia F_H :

$$F_{SYM} = 684 * F_H$$

$$F_{SYM} = 684 * (4.5\text{MHz}/286) = 10.762238 \text{ MHz}$$

El estándar ATSC requiere que la frecuencia de símbolo de reloj y la frecuencia de reloj de la transporte de red F_{TP} sean encerradas juntas para que no haya pérdida de paquetes:

$$F_{TP} = N * (188/208) * (312/313) * F_{SYM}$$

Donde $N = 2$ para 8T-VSB

El factor $(188/208)$ toma en cuenta el espacio necesario en bytes para la corrección de errores de Reed-Solomon, mientras que el factor $(312/313)$ cuenta para sincronía del tren de transmisión VSB, ninguno es parte del tren de datos de transporte. En el estándar ITU-T hay 5 modos de VSB (tabla 1), cada modo tiene un identificador en el tren de sincronía de VSB. Hay que notar que la tasa de datos de la red difiere de la tasa de transporte de reloj porque la tasa de datos de transmisión de red no toma en cuenta la sincronía de MPEG mientras que el reloj de transporte sí lo hace. La ATSC sugiere que la tolerancia para la frecuencia de símbolo de reloj de cada modo VSB sea de ± 2.8 ppm, la cual permite una referencia conveniente para la generación de la frecuencia de la subportadora color de la NTSC en equipos que transportan la señal digital a NTSC. Ya que las frecuencias de símbolo y de transporte deben ser encerradas una con otra, la frecuencia de reloj de transporte debe tener la misma tolerancia de frecuencia, la cual se traduce en ± 54 Hz de tolerancia en la frecuencia de reloj de transporte para el modo 8T-VSB.

Parámetro	2-VSB	4-VSB	8-VSB	16-VSB	8T-VSB	Unidades
Código de trama de modo sincrono	0000	1001	1010	1100	0101	-----
Símbolo de reloj	10.762238	10.762238	10.762238	10.762238	10.762238	MHz
Eficiencia de datos	1	2	3	4	2	Bits/símbolo
Tasa de datos de red	9.644753	19.289506	28.934259	38.579012	19.289506	Mbits/seg
Reloj de transporte	9.69633	19.392659	29.088989	38.785318	19.392659	MHz
Tolerancia del reloj de transporte	$\pm 2.8 / \pm 27$	$\pm 2.8 / \pm 54$	$\pm 2.8 / \pm 87$	$\pm 2.8 / \pm 108$	$\pm 2.8 / \pm 54$	ppm/Hz

Tabla 1 Frecuencia de reloj de transporte y de símbolo para modos ITU-T VSB

Compensación de la frecuencia

En general, la tolerancia de la frecuencia para una portadora de DTV se espera que sea de 1 kHz nominal, sin embargo hay algunas consideraciones cuando se presentan canales adyacentes o co-canales.

Canal adyacente DTV-hacia-NTSC

En los casos donde la estación de DTV opere en un canal arriba de un canal analogo de la NTSC asignado, y donde la estación se localiza más cerca de 106 km, la frecuencia piloto de la estación de DTV debe ser compensada por la portadora visual de la estación análoga por 5.082138 MHz con una tolerancia de ± 3 Hz. Esta compensación mantiene la frecuencia entrelazada entre la frecuencia piloto de DTV y la frecuencia de la subportadora de crominancia de la NTSC.

La frecuencia de la portadora piloto del canal DTV adyacente interferente se calcula:

$$F_{PILOT(n)} = F_{VIS(n-1)} + (455/2) * F_H + 9505 * F_H - 29.97$$

$$F_{PILOT(n)} = 5.082138MHz \pm 3Hz$$

donde n representa la señal de DTV, (n-1) la señal de canal adyacente de NTSC inmediata baja de la señal de DTV, $(455/2) * F_H = 30579545$ MHz es la frecuencia subportadora de color, y $F_H = 15.734$ kHz es la frecuencia NTSC horizontal, 29.97 es la tasa del paquete NTSC, y 95.5 es el múltiple impar de la compensación de la tasa de media línea de NTSC requerida para minimizar el golpe de color. La figura 57 muestra la compensación de la frecuencia.

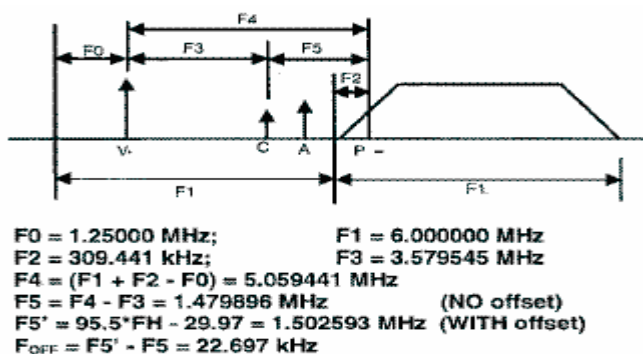


Fig 57

DTV dentro de DTV Co-Canal

En el caso de DTV dentro de DTV, se utiliza una compensación de frecuencia de 1.5 veces de la razón del segmento de DTV. Esto minimiza la interferencia dentro del segmento y la recuperación de la sincronía de los circuitos por el entrelazamiento de dos sets de sincronía. La frecuencia de dos pilotos de DTV se calcula:

$$F_{PILOT(n)} = F_{PILOT(m)} + 1.5 * F_{SEG}$$

$$F_{PILOT(m)} = 19.403kHz \pm 10Hz$$

donde n y m representan las dos diferentes señales de DTV en el mismo canal, F_{SEG} es el 12.9 kHz del segmento de frecuencia de DTV ($F_{SYM}/832$), y 1.5 es el índice múltiple impar del segmento medio que permite la interferencia del segmento de DTV y el tren de sincronía para ser minimizado promediando en correlación con los filtros. Ver Figura 58

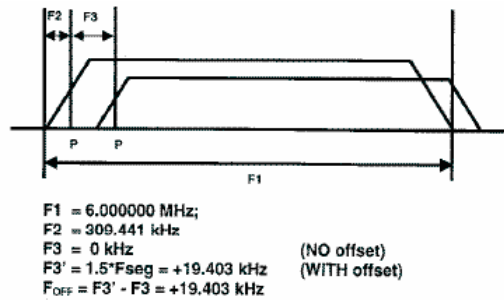


Fig 58

Co-Canal NTSC dentro de DTV

La compensación del canal entre estaciones DTV y NTSC sugerida por la ATSC, coloca las tres portadoras de banda reducidas (croma, visual y aural) de NTSC cerca del combo de filtros nulos de rechazo de 12 símbolos de NTSC en el receptor de DTV. La elección de esta frecuencia de compensación no solamente toma lugar cerca de las 3 portadoras de NTSC, cerca del combo de filtros nulos sino que se coloca en la portadora larga de video de NTSC un filtro nulo de cualquier reloj de DTV recobrando el filtro de correlación que usa el segmento de sincronía repetitivo para extraer ambos segmentos de sincronía y de símbolo de reloj. Esto significa que el piloto de la DTV es compensado 911.944 kHz de la portadora visual con una tolerancia de $\pm 1 \text{ kHz}$. Para el caso que analizamos, la portadora en la DTV también debe hacer seguimiento de cualquier compensación de canal de NTSC ($\pm 10 \text{ kHz}$). Figura 59

$$F_{PILOT(n)} = F_{VIS(m)} - 70.5 * F_{SEG}$$

$$F_{PILOT(n)} = 911.944 \text{ kHz} \pm 1 \text{ kHz}$$

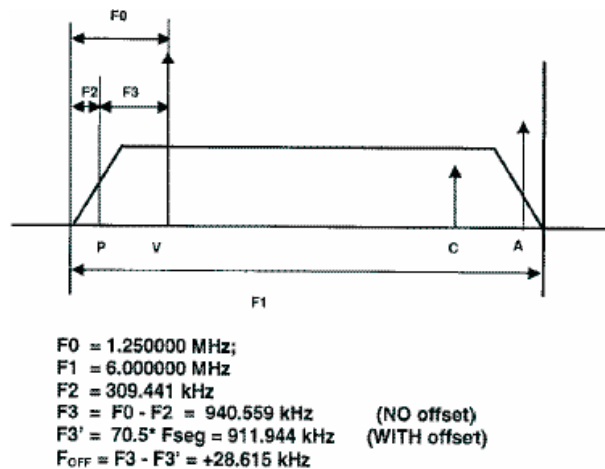


Fig 59

Ruido de Fase de Portadora

El ruido de fase de portadora se define indirectamente como un punto de la frecuencia a 20kHz de compensación de la portadora principal, medida con respecto al nivel de la portadora en dBc/Hz, es normalizada a 1 Hz de ancho de banda. Un método simple para medición es medir el espectro de la señal piloto solamente, a una compensación de la frecuencia de la portadora a 20 kHz. La diferencia entre la portadora y su energía de banda lateral a 20 kHz de compensación es corregida para un ancho de banda de 1Hz. Figura 60.

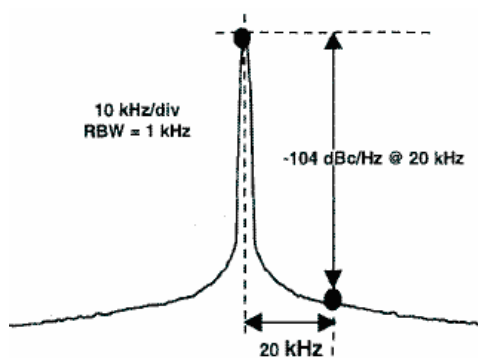


Fig 60

El ruido de fase de portadora tiene el efecto de rotación de la constelación con respecto al diagrama original de la constelación. Como el ruido de fase es un efecto multiplicativo, los estados de salida de los datos son desplazados durante la rotación de fase más que en los estados de entrada, resultando en errores tipo ráfagas. Figura 61

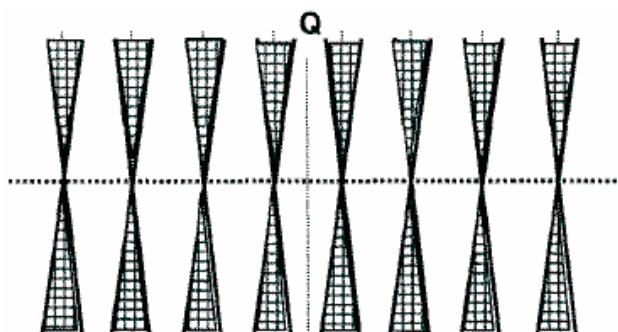


Fig 61

Señales de de sincronización

Es de esperarse que en las operaciones de transmisión haya interrupciones temporales de los paquetes de transporte MPEG con el modulador VSB, resultando en sincronizaciones y señal de reloj incorrectas en tiempo, prolongando así la interrupción del servicio. El segmento VSB y el de sincronización de campo deberán ser transmitidos en todo tiempo quedando dentro de la frecuencia de tolerancia de 2.8-ppm sin una discontinuidad de fase significativa. Durante la interrupción, se sugiere que los paquetes nulos de MPEG sean transmitidos de manera normal de modulación VSB.

Parámetros terrestres de fuera de banda

Máscara de emisión rígida de DTV

El propósito de esta máscara de emisión rígida es proteger el canal adyacente de NTSC y las señales de DTV en áreas afectadas. Figura 62. Hay que notar la potencia media de DTV en 6 MHz, marcada con un punto, arriba de la porción plana del espectro, y con los hombros del borde de la banda cerca de 36 dB debajo de la parte alta plana del espectro. La línea oscura actualmente representa el máximo sobrepaso del espectro de DTV.

Si una señal transmitida tiene una salpicadura de canal adyacente que exactamente se encuentre con la máscara de emisión rígida de la FCC, la cantidad de interferencia causada al canal NTSC o DTV se puede predecir. La energía integrada total de la salpicadura que obedece a este espectro de DTV es de 44dB debajo de la energía media total de la señal de DTV (6 MHz). Esto es una mejora de aproximadamente 5 dB sobre la máscara anterior de la FCC.

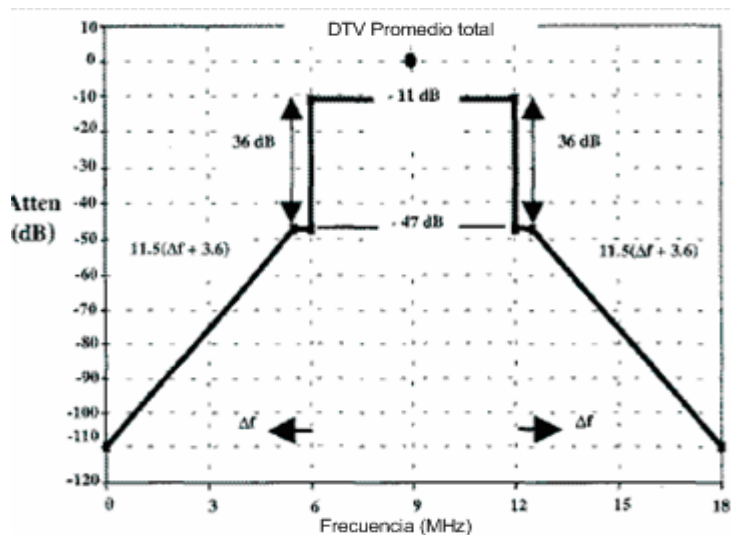


Fig 62

Potencia fuera de banda Ponderada de la NTSC

Durante el periodo de transición, las señales de DTV y NTSC pueden co-existir, con una asignación de canales digitales y analógicos entremezclados.

El caso en estudio de interferencia por el derramamiento de un canal adyacente de una señal de DTV, se verá como ruido de una señal de espectro no plana. Esto necesitará el uso de una función ponderada subjetiva para cuantificar la distorsión observada por los televidentes de la NTSC.

Se desarrollaron formulas para describir la respuesta del ojo humano a la luminancia con ruido contra frecuencia y se describe como una función de transferencia de paso bajo la cual tiene un ancho de banda que decrece cuando se incrementa la distancia del observador.

Pero esta curva ponderada debe modificarse cerca de los 3.58 MHz de la portadora de croma así como la información de color obtenida en los receptores de NTSC por demodulación de la subportadora de color modulada de amplitud cuadrada (± 0.5 MHz BW) a bajas frecuencias. Sin embargo, el ruido de color de bajas frecuencias es aproximadamente 6 dB menos visible al típico ojo humano que al ruido de luminancia. Además de la naturaleza subjetiva del ojo humano, la naturaleza objetiva de la filtración del receptor de NTSC debe ser también considerado. Esto es, que si la pendiente de filtración de la IF de Nyquist de la portadora visual, el filtrado paso banda despega la croma de la subportadora de color y el filtrado paso banda aural de la portadora de color tiene un efecto en la cantidad de ruido vista por el espectador. Los efectos de ruido en cada una de éstas tres áreas no puede ser negociado; cada una se maneja por separado.

Una práctica común es el uso de funciones ponderadas en interferencia de ruido aleatorio que no puede ser descrito matemáticamente como una constante o una rampa lineal. Una aproximación de la función ponderada permite algo de flexibilidad en los detalles del espectro del lóbulo lateral, mientras que todavía alcanza la protección totalmente adecuada de los canales adyacentes de NTSC. El análisis de ruido blanco no plano comienza por dividir canales de 6 MHz en 12 subbandas medidas de 0.5 MHz. Cada subbanda tendrá un valor de ponderación subjetivo específico asociado con este, el valor relativo depende de la frecuencia particular de la subbanda y de cómo la combinación del ojo humano y de los circuitos del receptor de la NTSC reaccionen al ruido de banda de frecuencia estrecha. El conjunto total de los doce valores ponderados es llamado la función subjetiva ponderada, Figura 63

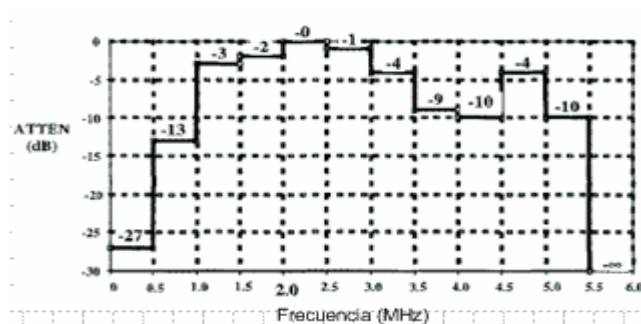


Fig 63

Se ve en la figura 63 que las frecuencias cerca de la orilla baja de la banda no está ponderada en exceso sino que por el receptor de NTSC y el filtro de Nyquist se atenúa la señal significativamente. El pico de la función de ponderación está cerca de los 2.25 MHz donde la pendiente de Nyquist de la NTSC termina, aún el ojo humano puede fácilmente ver la interferencia de ruido blanco. Más allá de esta frecuencia la función de ponderación decrece así como la respuesta de la frecuencia del ojo humano decrece como la de un filtro de paso bajas.

La función subjetiva de ponderación se define en términos de la razón de D/U y un ancho de banda de 500 kHz. La protección de la asignación del canal adyacente de NTSC usando este método específicamente reconoce que la atenuación requerida de salpicadura de la DTV depende del nivel de potencia de la señal sobre el área de cobertura total en las señales de DTV y NTSC en el canal adyacente.

2.5.4 16-VSB en ATSC

Mascara de Emisión

Las reglas presentadas por la FCC parte regulatoria 76.605, Estándar Técnicos, cubren las especificaciones por disturbios como la intermodulación, la cual es completamente adecuada para la portadora de la señal 16-VSB por lo que no se requiere una Mascara de Emisión específica.

Caracterización de la señal en banda

El primer componente no debe ser menor que -43 dB relativos al pico de sincronía NTSC como el medido en la banda de 4MHz. El nivel de la señal 16-VSB es de 6dB mas abajo que el equivalente síncrono de NTSC. Sin embargo, el máximo nivel relativo de ruido para la potencia promedio de la señal 16-VSB en una banda de 6MHz es de -35.2dB. La componente de perturbación por intermodulación se requiere de 47dB relativo al pico de sincronía de NTSC o equivalente, relativo a -41dB de potencia promedio de 16-VSB. La interferencia intersímbolo, es la mejor medida y especifica la salida del modulador de 16-VSB y el ruido de fase puede ser medido por un oscilador local de conversión superior.

Tolerancia de símbolo de velocidad, esta debe ser:

$$f_{sym} = 4.5 \frac{684}{286} MHz \pm 30Hz \approx 10,762,237.8Hz (\pm 2.79 ppm) = \frac{1}{4} \frac{208}{188} \frac{313}{312} f_{tp}$$

$$f_{tp} \approx 38,785,316.9 \pm 108 Hz$$

Portadora piloto de ruido de fase y jitter

El nivel de la portadora de ruido de fase no debe ser mayor que -104 dBc/Hz @ compensación de 20kHz de la frecuencia portadora

Especificación del nivel de la señal

Ya que el ruido y otras perturbaciones se especifican con respecto al nivel de la señal, no hay efecto en el umbral de 16-VSB y por esa razón ninguna otra especificación de nivel de señal se requiere.

Estabilidad y compensación de frecuencia

No se requiere compensación de frecuencia en un ambiente controlado de nivel de señal donde la potencia promedio de DTV es por lo menos 6 dB mas bajo que la potencia del canal adyacente NTSC del pico de sincronía.

Señales de de sincronización

El segmento VSB y la sincronía de campo deben ser transmitidos todo el tiempo, con discontinuidades de fase no significativas, y la frecuencia de símbolo de reloj debe permanecer dentro de ± 2.79 ppm de tolerancia sin una discontinuidad significativa de fase. Una vez que los datos MPEG son determinados para estar ausentes o corruptos, un paquete nulo de transporte de MPEG debe ser insertado dentro del curso previo del proceso corrupto VSB.

2.5.5 8VSB (Terrestre) para ATSC Digital Televisión Standard

Principales parámetros de 8/16 VSB

	8VSB	16VSB
Velocidad de transmisión	19.39265845975 Mbit/s	38.7853169195 Mbit/s
Longitud del paquete TS	1 + 187 bytes	1 + 187 bytes
Código de corrección de error RS	207, 187, 10	207, 187, 10
Bits por símbolo	3	3
Velocidad de símbolo	$4.5/286 \times 684 = 10.7622367$ Msymb/s	$4.5/286 \times 684 = 10.7622367$ Msymb/s
Estructura de la tabla de datos		
Longitud de un segmento	$(4+828)/10.7622367 = 77.30735 \mu s$	$(4+828)/10.7622367 = 77.30735 \mu s$
Número de bits por segmento	4 + 828 símbolos = 2496 bits	4 + 828 símbolos = 2496 bits
Número de bits por segmento de sincronización	4 x 3 = 12 bits	4 x 4 = 16 bits
Datos de sub-tabla	313 segmentos	313 segmentos
Segmentos/s	12935.3806904	12935.3806904
Tablas/s	20.66354736268	20.66354736268
Ancho de banda del canal	6 MHz	6 MHz
Factor de Roll-off	0.1152416356877	0.1152416356877
Piloto		
Nivel	-11.3 dB	-11.3 dB
Frecuencia	Frecuencia portadora del canal	Frecuencia portadora del canal

2.5.6 Sistema VSB Mejorado (E-VSB)

E-VSB es fundamentalmente, un método que adiciona características de protección de errores a la parte de la señal 8-VSB. Es requerida para proveer simultáneamente un incremento en el desempeño a una porción de código E-VSB, mientras no sea degradada la parte "normal" o "principal" utilizada por los receptores de la ATSC. La ventaja técnica básica del flujo de E-VSB está en la mejora de al menos 6 dB en SNR y el umbral de interferencia

2.5.7 Redes de Transmisión Múltiple

La aproximación convencional de cubrir una extensa área de servicios televisivos con un solo transmisor de alta potencia en una ubicación central podría parecer económica y con retos tecnológicos que requieren consideraciones de cuidado. Como por ejemplo, al tener un solo transmisor, los niveles de la señal no son uniformes a través del área de servicio. En las

cercanías al transmisor, la señal es fuerte y puede ser considerada más que la requerida para una recepción satisfactoria. Al tratar de extender el área de cobertura incrementando la potencia radiada del transmisor, esto se vuelve un problema, ya que es muy caro.

Otro problema a tratar, es la interferencia en áreas de servicio vecinas, esto se muestra en la interferencia cocanal de un transmisor digital UHF el cual se extiende por tres veces la distancia sobre la cual puede proveer cobertura.

En situaciones como las mencionadas anteriormente, una posible solución es la construcción de redes de transmisión múltiple y distribuir la señal a través del área de cobertura usando un número de transmisores de baja potencia en lugar de una sola central transmisora. Entre los beneficios potenciales de esta propuesta tenemos:

- Mayor uniformidad y elevado nivel de potencia promedio de la señal a través del área de servicio
- La señal recibida interna y externamente es más fiable como resultado de los elevados niveles de la señal promedio.
- La potencia efectiva radiada requerida es menor así como para la elevación de la antena, resultando menor interferencia.
- Señales más fuertes en los bordes de las áreas de servicio sin incremento de la interferencia en las estaciones vecinas

Redes de Transmisión Distribuida (DTxN)

La transmisión distribuida puede ser considerada como un camino para cubrir un área de servicio con una red de dos o más transmisores, todos sincronizados y emitiendo exactamente el mismo programa, y operando de acuerdo a los lineamientos técnicos y especificaciones de estándares desarrollados para ese tipo de sistema. El número de canales usados puede ser menor que el número de transmisores que constituyen la red.

La aplicación para las DTxN no está limitada a rellenar huecos de cobertura o extender el área de cobertura, que es el caso para los traductores de TV analógica. También pueden ser usados para crear una distribución más uniforme de la señal transmitida en las principales partes del área de servicio, así como mejorar la señal en otras partes iluminando el área de diferentes direcciones.

1) ***Redes de DTx de Frecuencia Única:*** Si todos los transmisores constituyen una red DTx y son sincronizados usando en mismo canal de transmisión, entonces forman una Red de Frecuencia Única (SFN). Una SFN es una posibilidad interesante que provee el sistema de transmisión de DTV.

SFNs para señales de portadora-única como lo es 8-VSB han sido posibles gracias al uso de ecualizadores adaptivos en los receptores. Cuando las señales de un número de transmisores sincronizados SFN llegan a un receptor, el ecualizador adaptivo puede tratar esas señales como ecos de una y otra, y así extraer los datos que portan. Aquí deben tomarse en cuenta las capacidades de los receptores.

2) ***Redes DTx de Frecuencia Múltiple:*** Este tipo de red usa más de un canal para sus transmisores sincronizados. Compuesta de un grupo de pequeñas redes SFN, o un híbrido de SFNs con transmisores individuales.

Limitaciones de una Red DTx

Este tipo de red debe lidiar con ciertas restricciones operacionales bajo condiciones específicas. Tal limitación podría existir si una red DTx de frecuencia única y un transmisor único operando en un canal adyacente coexisten en la misma área de mercado. En este caso

la implementación de la SFN debe ser desarrollada basándose en la minimización de la interferencia del transmisor único.

En presencia de un canal adyacente de NTSC, la limitación en la operación de un SFN es más seria. La ATSC recomienda las prácticas A/111 para el diseño de una Red DTx y así poder manejar la interferencia bajo condiciones variadas, incluyendo la presencia de señales de canales adyacentes de DTV o NTSC.

Configuración de una Red DTx

La ATSC A/111 propone 3 métodos o estructuras para la implementación de una Red DTx. Estas estructuras tienen sus pros y sus contras, tomando en cuenta la situación específica y las condiciones bajo las cuales son usadas.

- 1) Red de Transmisión Distribuida: un estudio central envía la señal de banda base o el flujo de datos de video/audio a los transmisores vía enlace-transmisor-estudio (STL), el cual puede ser fibra óptica, micro onda, satélite, etc. Frecuencia y tiempo de sincronización de los diferentes transmisores constituyen la red basada en el ATSC A/110. Una red de transmisión distribuida es una red DTx de frecuencia única.
- 2) Red de Traductores Distribuida: los transmisores que constituyen la red son traductores coherentes, todos operando en el mismo canal, y traduciendo la frecuencia de una señal al aire recibida de un transmisor de DTV principal a un segundo canal RF. Esto elimina la necesidad de un STL y hacen a la frecuencia y al tiempo de sincronización de transmisores de redes diferentes bastante simples. Sin embargo en éste método se utilizan dos canales, uno para la salida del traductor coherente y otro para la alimentación del transmisor principal. Una Red de traductor distribuido es una red DTx de frecuencia múltiple.
- 3) Repetidores Digitales en canal (DOCR): los transmisores que constituyen esta red toman sus entradas de un transmisor principal, eliminando la necesidad de un STL, pero transmiten en el mismo canal lo que reciben. Por esta razón existen dos factores limitantes en la operación de la red. El primero, depende de la locación relativa de los repetidores y del transmisor principal. Segundo, dependiendo de la cantidad de alimentación de la antena transmisora del DOCR a su antena receptora, habrá una limitación en potencia en la salida del repetidor. Una red que consiste de DOCRs y un transmisor principal, es una red DTx de frecuencia única.

Aplicaciones para las Redes DTx

En forma simple, una red DTx de frecuencia única puede ser formada simplemente agregando un segundo transmisor a un transmisor principal para llenar huecos o extender la cobertura para incluir una localidad que está más allá del alcance del transmisor principal. Con esta simple aplicación, no se requiere de un canal adicional para la red.

Para un caso más complejo, una SFN puede ser usada para mejorar el servicio y la recepción en áreas que están dentro de la cobertura del transmisor principal pero que se encuentran bajo la sombra de construcciones elevadas, sería de considerar construir una red de transmisores distribuidos o DOCRs.

Consideraciones de diseño para DTx

- 1) El correcto diseño de la red minimizará la posibilidad de que señales de múltiples transmisores resulten en interferencias perjudiciales
- 2) Manejo de la interferencia para redes DTx: seleccionando la configuración específica de la red que se ajuste a la topografía del área de servicio y se beneficie del terreno, puede minimizar uno o ambos tipos de interferencia. La directividad de la antena debe ser

aplicada a ambos casos y el ajuste del retraso en los transmisores se aplica para mitigar la interferencia de red interna.

- 3) Lo más importante a considerar para evitar la interferencia interna es: seleccionar apropiadamente la potencia de radiación, la separación entre transmisores SFN, el tiempo de ajuste para retrasos relativos apropiados
- 4) Limitante del receptor: con respecto a las capacidades de manejo del eco, dichas capacidades se vuelven más flexibles con el paso del tiempo ya que el diseño de una SFN permitirá mantener un nivel particular de confiabilidad.

Implementación de una Red de Transmisión Distribuida

Una red DTx generalizada puede incluir diferentes combinaciones de transmisores distribuidos, traductores distribuidos, y DOCRs. Cada una de estas estructuras puede ser implementada usando un número de métodos que difieren en el grado de complejidad, la mayoría relacionado al alcance de sincronización entre diferentes transmisores de red. Ver recomendaciones especificadas en el A/110.

Identificación del Transmisor: Como el número de transmisores de DTV crece, hay una necesidad de identificar el origen de cada señal de DTV recibida en las diferentes locaciones. ATSC A/110 incluye especificaciones para la secuencia de espectro disperso, incrustado como una marca de agua de RF, para propósitos de identificación del transmisor (TxID). Las técnicas de identificación de transmisor son usadas para detectar, diagnosticar y clasificar el estatus de operación de las transmisoras de radio. La identificación del transmisor también habilita a las autoridades de las transmisoras y operadores a identificar la fuente de cualquier interferencia. Pero la aplicación más importante para el TxID es que se puede usar para sintonizar varios transmisores en una SFN para minimizar los efectos de interferencia multitrayectoria causada por la interferencia destructiva de diferentes transmisiones y/o la reflexión de diferentes transmisiones.

III. ASPECTOS RELACIONADOS CON LA TRANSMISIÓN DE SEÑALES DE TELEVISIÓN DIGITAL

Líneas de Transmisión

Una línea de transmisión es un par de conductores paralelos que completan un circuito de radiofrecuencia entre una fuente emisiva (emisor) y un "Transformador" o antena que permite que la energía de radiofrecuencia que circula sea radiada hacia el espacio para permitir su propagación a través de este. Las líneas de transmisión pueden catalogarse según su configuración física en abiertas o cerradas, balanceadas o desbalanceadas, en conductor convencional o guía de onda.

Línea desbalanceada: es aquella que por su geometría aunque exista paralelismo entre sus conductores sus dimensiones físicas son diferentes y su disposición es concéntrica uno respecto del otro, tal es el caso del cable coaxial, el cual presenta impedancias bajas (50 ohms a 75 ohms) y su geometría lo hace inmune a interferencias, dado que el conductor externo generalmente se encuentra aterrizado, aislando eléctricamente al conductor central por donde se conduce la central.

Cable Coaxial

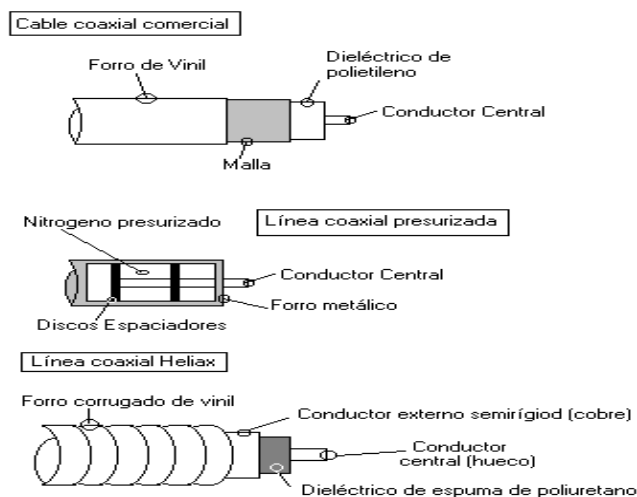


Fig 64

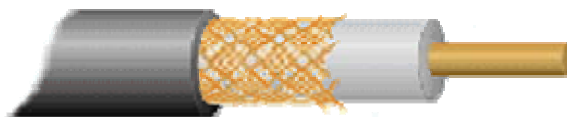


Fig 65

Consiste en un cable conductor interno cilíndrico separado de otro cable conductor externo por anillos aislantes o por un aislante macizo. Esto se recubre por otra capa aislante que es la funda del cable. Este medio físico, es más caro que el par trenzado, pero se puede utilizar a más larga distancia, con velocidades de transmisión superiores, menos interferencias y permite conectar más estaciones. Se suele utilizar para televisión, telefonía a larga distancia, LAN, conexión de periféricos a corta distancia, etc. Se utiliza para transmitir señales analógicas o digitales. Sus inconvenientes principales son: atenuación, ruido térmico, ruido de intermodulación. Para señales analógicas, se necesita un amplificador cada pocos kilómetros y para señales digitales un repetidor cada kilómetro.

La eficiencia de una línea de transmisión es del 70 u 80%. La selección de la línea de transmisión se basa en su frecuencia de operación, manejo de la potencia, atenuación o eficiencia, Z característica. El tamaño común para una línea de transmisión coaxial rígida es $3^{1/8}$, $6^{1/8}$ y $8^{3/16}$.

Una línea flexible tiene también larga vida pero solo maneja potencia media a baja, por lo tanto es solamente usado para VHF y UHF baja.

Guías de onda

Las clasificación de línea de transmisión anterior son de uso más común para aplicaciones de radiofrecuencia en el mercado y son adecuadas para trabajo hasta frecuencias en el rango de UHF, arriba de este rango las señales de radiofrecuencia presentan problemas para conducirse por este tipo de línea y se comportan "como un fluido" que puede ser conducido por el interior de un ducto cerrado (guía de onda). Estos ductos tienen una sección transversal proporcional a la longitud de onda de la señal su geometría es rectangular y cuentan con los mismos accesorios que una ductería para la conducción de fluidos (codos, tes, bridas de unión, coples, juntas, etc.).

Fundamentos para la selección de una Guía de Onda

Una guía de onda ofrece las ventajas de bajas pérdidas y una capacidad de manejo de potencia extremadamente alta. Pero esta solución es muy costosa. Otra vez, el análisis total y el proceso de selección debe incluir el impacto de la eficiencia en la selección del transmisor junto con la capacidad de la torre, costo del sistema y fiabilidad, así como el costo real de la compra del equipo. La guía de onda no se daña de manera externa, ésta dura más tiempo que cualquier otra línea de transmisión.

Numerosas configuraciones se han probado para las guías de onda, cada una tiene su propio set de ventajas y desventajas. La más común es una guía de onda rectangular. Todas las guías de onda son capaces de operar con diferentes modos de campos eléctricos y magnéticos. Esos modos tienen normalmente un máximo y un mínimo de frecuencia en el cual dichos modos pueden existir. Estas son llamadas las frecuencias de corte de la guía de onda. Normalmente las frecuencias de corte para varios modos coinciden, pero esto no siempre es deseado. La solución a este problema es operar la guía de onda a frecuencias donde solamente los más simples modos puedan existir.

La geometría de la guía de onda más común es la guía de onda rectangular y ésta ha sido variada en tipos similares, con cortes en una o más de sus paredes. Con paredes suaves o surcadas, son fáciles de instalar. El tamaño necesario de la guía de onda, para las frecuencias de televisión UHF puede ser un gran problema si se quiere utilizar guía de onda elíptica semiflexible. Pero Kyat está produciendo una guía de onda elíptica rígida para la televisión de UHF.

Otro tipo de guía de onda es la redonda de Andrew y la guía de onda truncada de Dielectric. Ambos sistemas trabajan muy bien con sus propias ventajas. Basados en datos y teóricamente, la guía de onda totalmente circular es la más eficiente. Sin embargo, la eficiencia del sistema debe incluir la eficiencia menor de la guía de onda rectangular y/o línea de transmisión coaxial en el final. En el pasado, el principal problema con una guía de onda rectangular había sido la rotación del modo interno de la guía de onda durante la corrida vertical. Como la guía de onda se expande cuando es calentada por el sol, esta tiende a desacoplar la transición a la parte de arriba, lo que resulta en reflexiones y fantasmas. Andrew ha resuelto el problema insertando pins a lo largo de la guía de onda. Estos pins forzan al campo a mantener su propia orientación y eliminar el problema de cambio de modo.

La guía de onda elíptica truncada de Dielectric hace un uso total de codos. Y la corrida la hace tanto en modo vertical como horizontal. Su eficiencia es menor a la de una línea puramente circular. Los sintonizadores se insertan periódicamente para compensar menores reflexiones. También son usados cuando una guía de onda rectangular usa codos.

Si la guía de onda se daña, esta se resintoniza, es por esto que la guía de onda debe ser instalada cuidadosamente para prevenir daños mecánicos. Otra parte crítica de una guía de onda es la unión de collarines, estas uniones deben ser la más parejos posibles. Y finalmente, el problema de la presurización, el cual se soluciona utilizando un sistema de deshidratación específicamente diseñado para la guía de onda.

Cuando la selección de la guía de onda es apropiada, instalada y sintonizada correctamente, este sistema provee la mejor eficiencia posible, desempeño y durabilidad.

3.1 ANTENAS TRANSMISORAS

Antenas Ranuradas para UHF

La mejor antena transmisora para UHF es la antena ranurada. La mayoría de los fabricantes ofrecen configuraciones que pueden ser usadas para transmitir una gran variedad de patrones de elevación y azimut a baja o alta potencia.

Existen dos tipos de antenas ranuradas, de onda estática o de onda viajera. Las antenas de onda estática tienen sus elementos radiadores espaciados por una longitud de onda. Todas las ranuras radian en la misma fase y amplitud a la frecuencia central del canal. Este tipo de antena es la más usada actualmente.

Una antena de onda viajera, tiene sus ranuras espaciadas desigualmente con relación a la longitud de onda. Por esa razón la energía radiada de las ranuras es progresivamente atenuada, dejando una pequeña cantidad de energía en lo alto de la antena. En cada caso, las ranuras son una fracción de la longitud de onda a lo largo. La energía RF fluyendo en la antena es acoplada usando acopladores.

Modo de operación

La figura 66 muestra un corte de una antena coaxial ranurada. La corriente viaja hacia arriba del conductor interno generando un campo eléctrico (E) y un campo magnético (H) entre el conductor. El acoplador intercepta este campo, desarrollando una corriente inducida, que se coloca de manera circunferencial alrededor del conductor externo, la cual a su vez crea un voltaje alrededor de la ranura. La interacción de este campo E con el conductor externo crea la señal de transmisión.

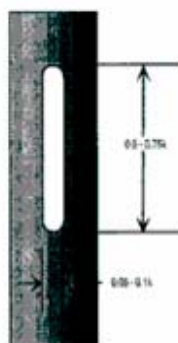


Figura 66

El diámetro de la ranura externa y la locación de las mismas dicta el patrón de radiación resultante.

La figura 67 muestra la onda estática dentro de la antena a la frecuencia central del canal. Las ranuras radian en fase y misma amplitud cuando está espaciado a una longitud de onda.

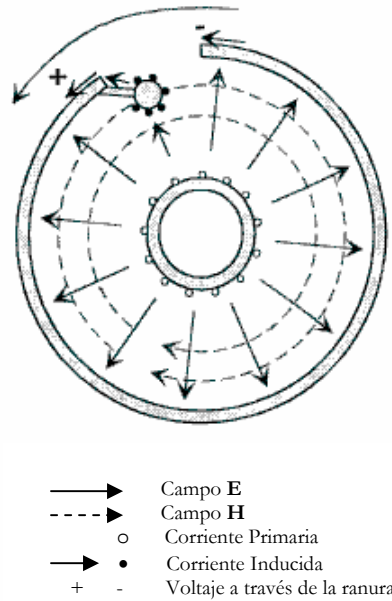


Figura 67

Ya que el canal es de 6 MHz, y el espaciado de la ranura se basa en la frecuencia central, las frecuencias en la parte alta y baja del canal radiarán a diferentes fases y amplitudes en cada ranura. En una antena pequeña, esto no será problema, pero en una antena muy larga podría resultar en un rayo indeseado.

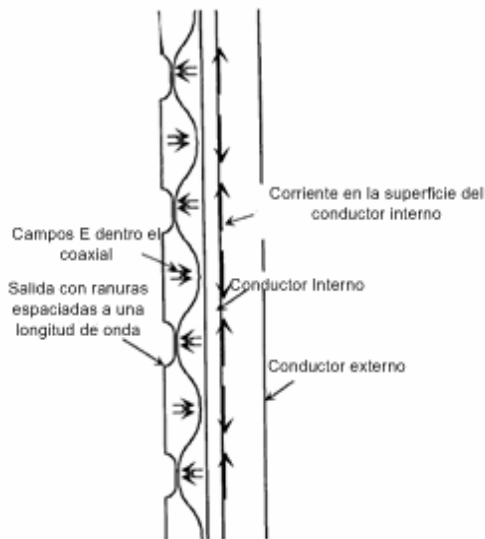


Fig 68 Onda estacionaria en una antena ranurada

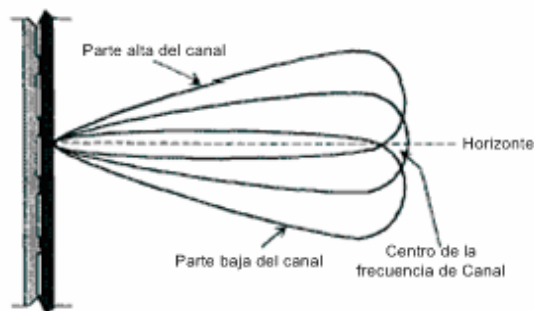


Fig 69 dirección del rayo

Determinación del patrón de elevación

Este puede ser determinado en varias formas, una de ellas es usando una antena de onda viajera, calculando el espaciamiento entre las ranuras para proporcionar el patrón deseado; otra forma es variar la forma y la locación de las ranuras y sus acopladores asociados, como en una antena de onda viajera, esto variará la fase y la amplitud de las ranuras. Otro método es dividir la antena en secciones iguales de multi-canales, alimentando cada pequeña sección y controlando fase y amplitud. El resultado es el mismo que el de los métodos antes mencionados y el arreglo resultante es fácil de sintonizar.

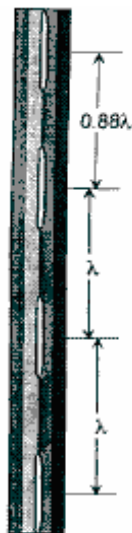


Fig 70 espaciamiento desigual de las ranuras



Fig 71 patrón de elevación generado por el espaciamiento desigual de las ranuras

Determinación del patrón del azimut

Este puede ser manipulado en dos formas. El primer método es cambiando la configuración del conductor externo (cambiar su diámetro y/o variando el número y locación de las ranuras), el patrón resultante puede ser determinado usando las ecuaciones de Hankel. El segundo método es agregar parásitos en cada ranura en la parte externa del tubo, cambiando la forma, tamaño y locación de los parásitos, se pueden generar diferentes patrones

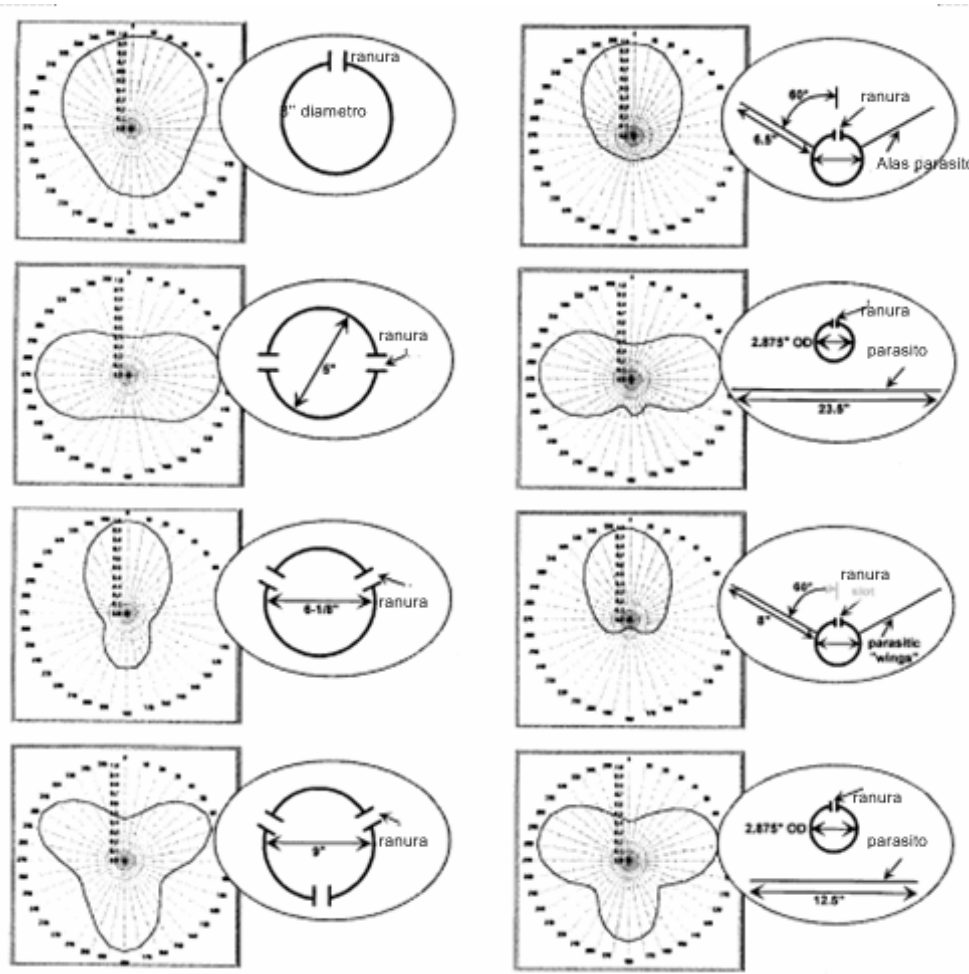


Fig 72

Efectos de la Torre

El metal de la torre de soporte afecta el patrón de transmisión, además las antenas de montaje lateral no pueden proporcionar generalmente un patrón omnidireccional verdadero. Hay tres maneras de minimizar los efectos de la torre:

- Mover la antena lo suficientemente lejos de la torre para minimizar sus efectos, pero no es muy práctica por el peso y rigidez
- Diseñar secciones especiales de la torre que no tengan miembros horizontales en el plano de la antena ni miembros verticales del largo del diámetro. Esta sección de la torre necesita ser especialmente diseñada para cada canal y largo de la antena, esto es impráctico y costoso.
- Montar la antena en la parte alta de la torre, aquí los efectos de la torre no ocurren, sin embargo el peso de la antena se incrementa considerablemente, además el conductor externo requiere del engrosamiento de su pared.

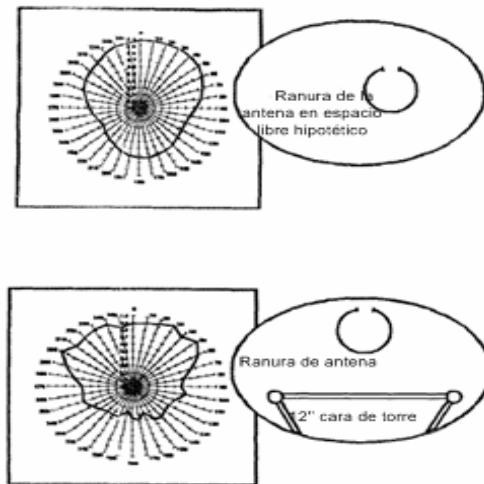


Fig 73

Sistema de Paneles

El sistema de paneles de transmisión en UHF ha sido utilizado en Europa por más de 30 años. Con el advenimiento de la DTV y la escasez de espacio para las torres en Estados Unidos, los paneles de banda ancha son más atractivos para las transmisoras en este país.

Modo de operación

Cuando un dipolo polarizado horizontalmente, se coloca a $\frac{1}{4}$ de longitud de onda de una pantalla reflectora, el lóbulo posterior se reduce y la energía es mucho más dirigida, creando una elevación de ganancia y el ancho del haz del azimut se limita; a un arreglo de estos dipolos sobre una pantalla se le llama "panel". En dicho panel, un espaciamiento de media onda vertical es utilizado para reducir la radiación vertical indeseada. Un sistema de alimentación, provee igual amplitud y fase a cada dipolo, es integrado a la estructura mecánica del panel. Finalmente, se utiliza una cúpula para proteger la antena, protegiendo así los elementos internos de la estructura.

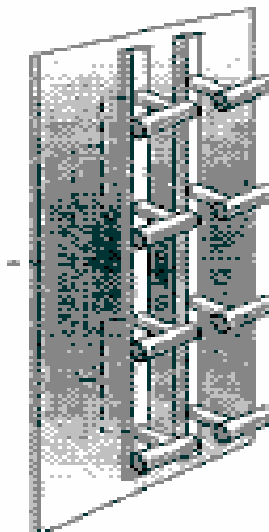
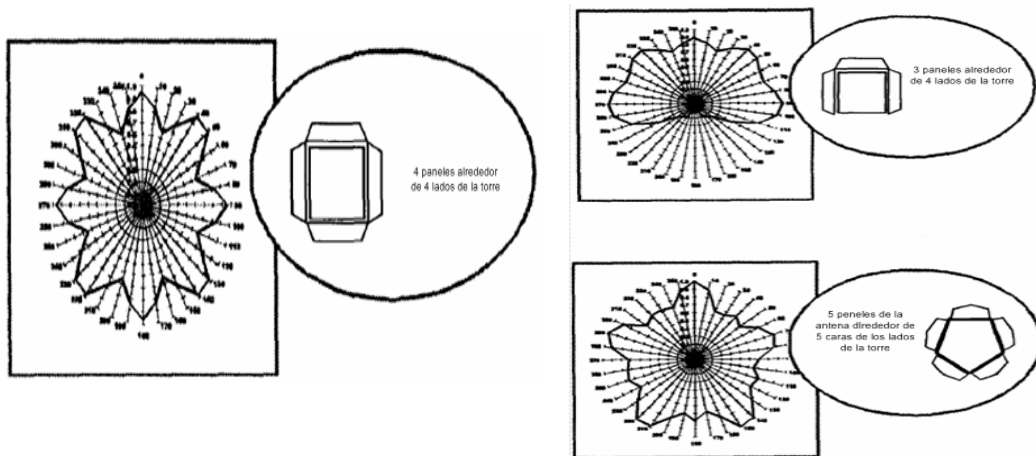


Fig 74

Ventajas

Debido al espaciamiento de media-onda y al sistema de banda ancha de alimentación, un sistema del panel puede difundir la banda completa de UHF con un VSWR debajo de 1.1:1

Debido al tamaño del panel contra el de la frecuencia, el sistema de panel puede ser semimontado y aún así alcanzar un buen patrón o un patrón direccional.



Figuras 75 y 76

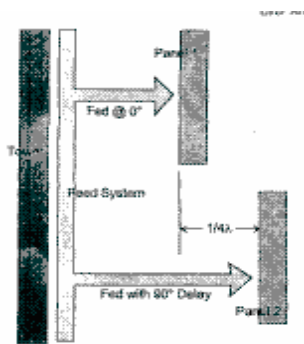


Fig 77

Paneles de Banda Estrecha

Son similares a los paneles de banda ancha a excepción que contiene un sistema de alimentación en serie en lugar de uno en paralelo.

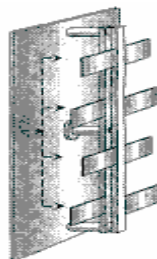


Fig 78

Antenas de Supertorniquete

Combinan la omnidireccionalidad de las antenas ranuradas montadas en lo alto con el ancho de banda de UHF total de un panel de antenas. Como las antenas ranuradas, las de supertorniquete pueden ser apiladas para permitir más estaciones en el mismo sistema de la antena. Esta combinación de características hace éste tipo de antena la mejor elección cuando se necesita ancho de banda y omnidireccionalidad. *Modo de operación*

En la operación simple de una antena de torniquete, dos dipolos, uno en el plano horizontal y otro perpendicular a él, son alimentados con un cambio de fase progresiva de 90° e igual amplitud. El resultado es que los brazos del dipolo tienen fases de 0° , 90° , 180° y 270° . Un dipolo simple puede producir patrón de azimut de una figura como un ocho. Cuando dos dipolos son colocados perpendicularmente uno de otro, la combinación de su azimut es casi omnidireccional.

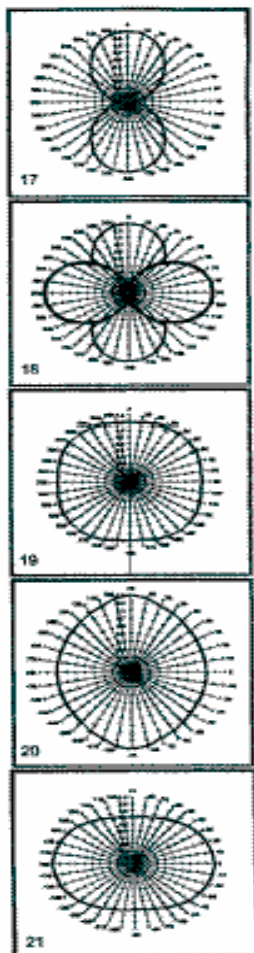


Fig 79

En una antena de supertorniquete, los dipolos son reemplazados por láminas ranuradas, orientadas verticalmente a ángulos correctos una de la otra, con un defasamiento de 90° y a igual nivel de potencia. A diferencia de un dipolo, una ranura produce radiación mínima vertical. Por esa razón los elementos deben ser apilados a una separación de longitud de onda, requiriendo un sistema de alimentación menos complicado. Este sistema de alimentación trabaja con una red paralela.

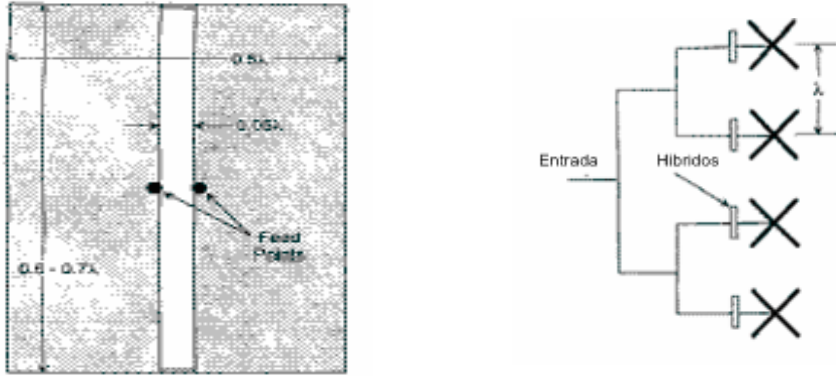


Fig 80 y 81

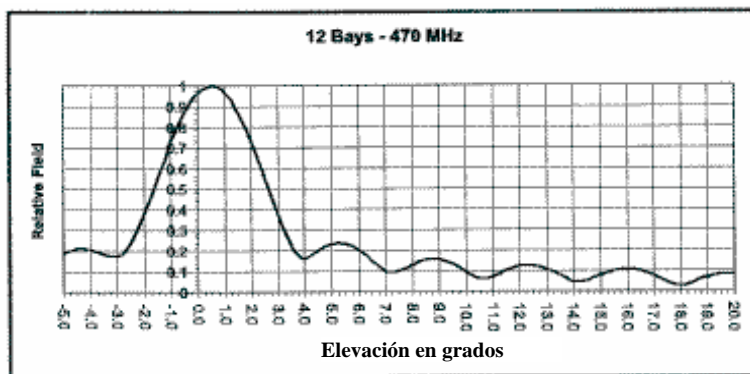


Fig 82

El supertorniquete puede transmitir la banda entera de UHF con un VSWR menor a 1.1:1

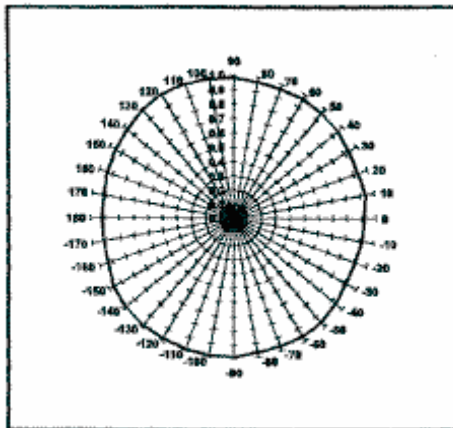
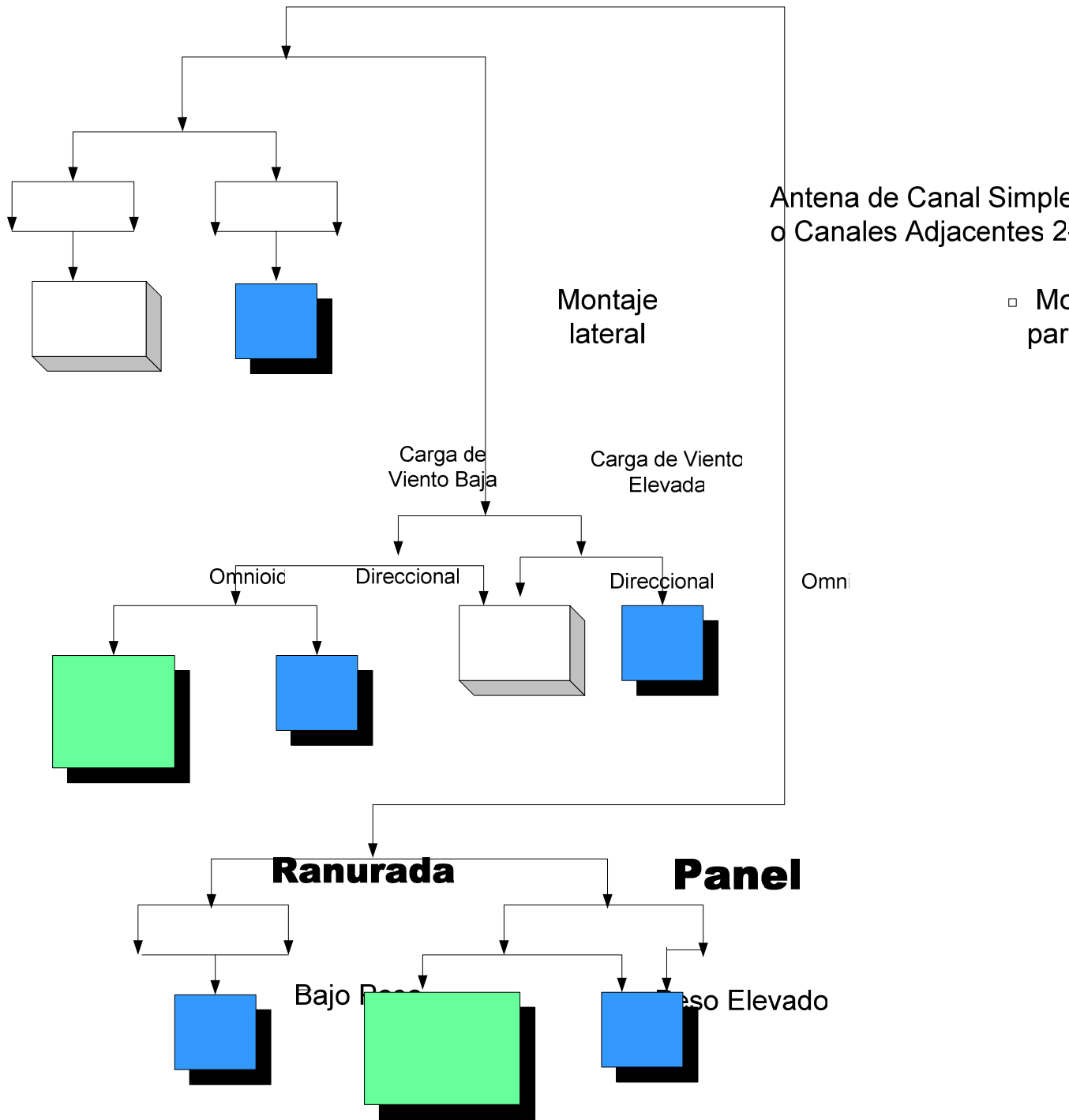


Fig 83 medición del patrón de Azimuth del Supertorniquete

Elección de la Antena





3.2 Mediciones de Campo

El documento A/64 de la ATSC describe los métodos para prueba, monitoreo y mediciones de los subsistemas de transmisión previstos para el uso del sistema de televisión digital adoptado en los Estados Unidos.

3.2.1 Mediciones de Transmisión

Carga de Viento Elevada

Omni

Carga de Viento

Modulación 8-VSB (Código Trellis)

- Emisiones máximas de fuera de banda del espectro

Se requiere que

- a) En los primeros 500 KHz del borde del canal autorizado, las emisiones del transmisor no sean atenuadas más de 47dB por debajo de la potencia promedio transmitida.
- b) Más de 6 MHz del borde del canal, las emisiones no deben ser atenuadas más de 110 dB por debajo de la potencia media transmitida
- c) Cualquier frecuencia entre 0.5 y 6 MHz del borde del canal, la emisión no debe ser atenuada menos que:

dB= 11.5(Δf + 3.6) donde Δf = diferencia de frecuencia en MHz del borde del canal.

La figura 84 muestra la Mascara de Emisión de la FCC basado en una medición de 500 KHz de ancho de banda

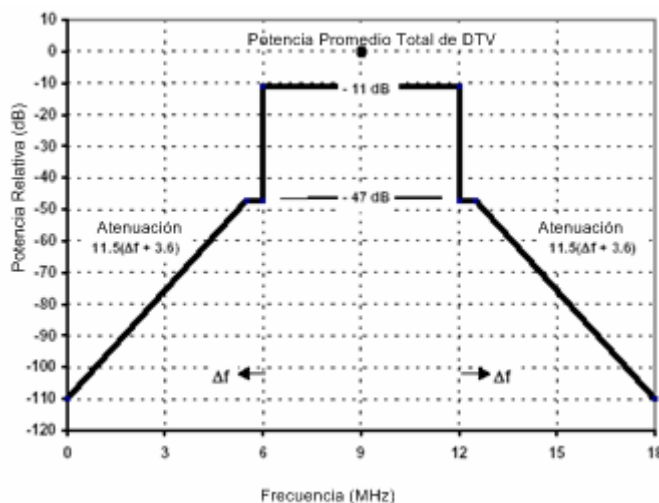


Fig 84

- La especificación de la medición fuera de banda se basa en las mediciones hechas por el Centro de Pruebas de Televisión Avanzada (ATTC) para determinar el Umbral de Visibilidad (TOV) de la NTSC para 500KHz de fuentes de ruido muy amplias centradas en varios puntos a través del canal NTSC. Esta definición reconoce específicamente que la atenuación requerida del espectro de los lóbulos laterales de la DTV, depende de los niveles relativos de potencia de la señal de DTV y una señal de NTSC en el canal adyacente sobre el área de cobertura de la NTSC.

Los trabajos realizados por la ATTC muestran que el ruido con un espectro plano a través de un canal NTSC de 6 MHz, el cual tiene una potencia de al menos 51dB por debajo del pico de sincronía de NTSC son adecuados para evitar la interferencia de TOV con la señal NTSC.

Para varias formas de ruido a través del canal de NTSC, se ha verificado que así como la ponderación del ruido es de por lo menos 56 dB por debajo de la potencia pico de sincronía, por lo que el TOV puede ser evitado.

Frecuencia (MHz)

Se determinó que para evitar la medición de potencia en el s

nal de audio de NTSC, la NTSC debe ser atenuado

por lo menos 48dB por debajo de la potencia de pico de sincronía, o $48 + \left(\frac{DTV}{NTSC} \right)_{dB}$ dB por

debajo de la potencia promedio de DTV.

Para proteger el canal adyacente NTSC de TOV y TOA se requieren las siguientes especificaciones:

- a) Las mediciones de las emisiones del espectro fuera de banda de la DTV deben ser atenuadas por debajo de la potencia promedio del transmisor por lo menos $56 + \left(\frac{DTV}{NTSC}\right)_{dB}$ dB.
- b) Adicionalmente para protección contra TOA, la potencia medida en el segmento más alto de 500kHz de un canal adyacente, debe ser atenuada por debajo de la potencia media de DTV por lo menos $48 + \left(\frac{DTV}{NTSC}\right)_{dB}$ dB. Esto asume una radio de potencia de portadora visual-a-aura de 13dB.
- c) Finalmente la potencia no ponderada en cualquier canal no adyacente de 6MHz debe ser atenuado por debajo de la potencia media de DTV por lo menos 110 dB.

Donde :

$$\left(\frac{DTV}{NTSC}\right)_{dB} = 10\log_{10}\left(\frac{\text{Potencia Promedio de la Señal DTV en un canal de 6MHz}}{\text{Potencia Pico de Sincronía de la Señal del canal Adyacente NTSC}_{MAX}}\right)$$

La figura 85 muestra la función de ponderación NTSC

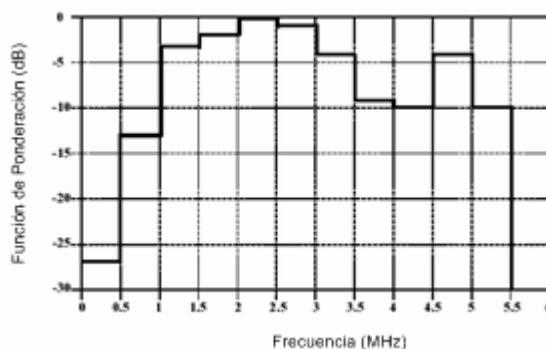


Fig 85

- Especificación de radiación fuera de banda de DTV para proteger el canal adyacente de DTV asignado.
 - a) Para la degradación de 0.1dB del desempeño en la franja del área (umbral SNR 15 dB) de un canal de DTV teniendo asignado un canal de DTV adyacente, la suma de la potencia efectiva radiada del canal adyacente no debe exceder 20 veces la potencia efectiva radiada del transmisor del canal de DTV, por lo que el radio efectivo de la señal a ruido de 31 (44-13) se mantiene en el canal.
 - b) Para la degradación de 0.25 dB en la franja del área de desempeño (umbral SNR de 15dB) de un canal DTV teniendo asignado un canal de DTV adyacente, la suma de la potencia efectiva radiada autorizada del canal adyacente, no debe exceder 50 veces la potencia efectiva radiada autorizada del transmisor del canal de DTV, por lo que la razón efectiva de la señal a ruido de 27 dB (44-17) se mantiene en el canal.
- Caracterización de la señal en banda

La calidad de la señal en banda emitida puede ser especificada y medida por la determinación de la desviación de la apertura 100% del "ojo". La desviación o error, tiene 4 componentes identificables: 1) ruido blanco, 2) ruido de intermodulación causado por no linealidades, 3) interferencia ínter símbolo, y 4) ruido de fase. La combinación de todos estos efectos pueden ser medidos por una potencia de error de magnitud, esta potencia no debe ser más grande que -27 dB relativos a la potencia de señal autorizada.

- Tolerancia de símbolo de proporción

Esta debe ser:

$$f_{\text{sym}} = 4.5 \frac{684}{286} \text{MHz} \pm 30 \text{Hz} \approx 10,762,237.8 \text{Hz} (\pm 2.79 \text{ppm}) = \frac{1}{4} \frac{208}{188} \frac{313}{312} f_{\text{tp}}$$
$$f_{\text{tp}} \approx 19,392,685.5 \pm 54 \text{Hz}$$

4.2.1.6 Portadora piloto de ruido de fase y jitter

La potencia promedio de la señal de DTV transmitida debe ser especificada y medida como sigue:

El valor de la potencia baja permitida debe ser 95% de la potencia autorizada y la potencia más elevada permitida debe ser 105% de la potencia autorizada.

- Estabilidad y Compensación de la Frecuencia

Compensación de co-canal para DTV-a-DTV

Una compensación de 1.5 veces el segmento de frecuencia parece proveer el mejor desempeño. La frecuencia de tolerancia del transmisor de DTV debe ser ± 10 Hz.

Compensación de co-canal para NTSC- a- DTV

El mejor desempeño es obtenido si la señal de DTV se alinea tal como la portadora NTSC visual que se localiza cerca del corte de la DTV en el filtro de rechazo de cresta del receptor de NTSC. Adicionalmente el desempeño del reloj de recuperación es más robusto si la localización de la portadora visual se elige para estar cerca de múltiples excepciones de la mitad del segmento de frecuencia.

Compensación del canal superior adyacente de DTV- dentro-NTSC

La compensación propuesta por la ATSC es de 95.5 veces la velocidad de escaneo horizontal de la NTSC. Esto permite una tolerancia de ± 1 kHz en ambos transmisores.

Esta refinación adicional provee una reducción de visibilidad de la interferencia de un canal superior adyacente de DTV dentro de NTSC, pero se requiere de un control muy estrecho de la frecuencia en el transmisor de NTSC para mantener una diferencia de frecuencia de ± 3 Hz.

- Señales de Sincronización

El segmento VSB y la sincronía de campo debe ser transmitida todo el tiempo, con discontinuidades de fase no significativas, y la frecuencia de símbolo de reloj debe permanecer dentro de ± 2.79 ppm de tolerancia sin una discontinuidad significativa de fase.

Modulación 16-VSB

Mascara de Emisión

Las reglas presentadas en la FCC parte regulatoria 76.605, Estándar Técnico, cubren las especificaciones por disturbios como la intermodulación, la cual es completamente adecuada para la portadora de la señal 16-VSB por lo que no se requiere una Mascara de Emisión específica.

Caracterización de la señal en banda

El primer componente no debe ser peor que -43 dB relativos al pico de sincronía NTSC como el medido en la banda de 4MHz. El equivalente de 6MHz es -41.2 dB. El nivel de la señal 16-VSB es de 6dB mas bajo que el equivalente sincrónico de NTSC. Sin embargo, el máximo nivel relativo de ruido para la potencia promedio de la señal 16-VSB en una banda de 6MHz es de -35.2 dB. El componente de perturbación por intermodulación se requiere de 47dB relativo al pico de sincronía de NTSC o equivalente, relativo a -41 dB de potencia promedio de 16-VSB. La interferencia intersímbolo, es la mejor medida y especifica la salida del modulador de 16-VSB y el ruido de fase puede ser medido por un oscilador local de conversión elevada.

Tolerancia de símbolo de velocidad

Esta debe ser:

$$f_{\text{sym}} = 4.5 \frac{684}{286} \text{MHz} \pm 30 \text{Hz} \approx 10,762,237.8 \text{Hz} (\pm 2.79 \text{ppm}) = \frac{1}{4} \frac{208}{188} \frac{313}{312} f_{\text{tp}}$$

$$f_{\text{tp}} \approx 38,785,316.9 \pm 108 \text{Hz}$$

Portadora piloto de ruido de fase y jitter

El nivel de la portadora de ruido de fase no debe ser mayor que -104 dBc/Hz @ compensación de 20kHz de la frecuencia portadora

Especificación del nivel de la señal

Ya que el ruido y otras perturbaciones se especifican con respecto al nivel de la señal, no hay efecto en el umbral de 16-VBS y por esa razón ninguna otra especificación de nivel de señal se requiere.

Estabilidad y compensación de frecuencia

No se requiere compensación de frecuencia en un ambiente controlado de nivel de señal donde la potencia promedio de DTV es por lo menos 6 dB mas bajo que la potencia del canal adyacente NTSC del pico de sincronía.

- Señales de sincronización

El segmento VSB y la sincronía de campo debe ser transmitida todo el tiempo, con discontinuidades de fase no significativas, y la frecuencia de símbolo de reloj debe permanecer dentro de ± 2.79 ppm de tolerancia sin una discontinuidad significativa de fase. Una vez que los datos MPEG son determinados para estar ausentes o corruptos, un paquete nulo de transporte de MPEG debe ser insertado dentro del curso previo del proceso VSB corrupto.

3.2.2 OBJETIVOS DE LAS MEDICIONES DE CAMPO. Documento A/75

- a) Identificar las variables en el ambiente y recomendar un número determinado de mediciones
- b) Medir el servicio actual contra la cobertura predecible
- c) Recolectar datos útiles para mejorar el desempeño de los sistemas de la DTV

- **Pruebas de Cobertura**

Las mediciones de cobertura fueron conducidas usando los métodos estandarizados de pruebas descritos en la sección 73.686 de las reglas y regulaciones de la FCC.

Las pruebas de limitada cobertura pueden ser planeadas para alcanzar metas y objetivos particulares.

- **Pruebas de Servicio**

Determinación de las condiciones bajo las cuales las señales de televisión digital pueden ser recibidas y decodificadas bajo condiciones de operación actual. Tales como cualquier locación donde los televidentes normalmente usan receptores de televisión para entretenimiento e información por periodos cortos o largos.

Las mediciones de receptibilidad normalmente usan receptores digitales de televisión diseñados para ser conectados a equipos de grabación para obtener niveles de señal, margen de umbral, tasa de error, características adaptables del ecualizador, etc.

- **Características de Captura de Canal**

Determinar la Caracterización del canal es completado por la medición detallada de las condiciones específicas de la señal a tiempos específicos y en locaciones específicas usando antenas arregladas movibles.

- **Modos de Recepción**

Hay cuatro diferentes modos de recepción

Recepción Arreglada: Recepción por un receptor fijo y antenas receptoras (antenas **roof-top** montadas o antenas con locación arreglada interna)

Recepción Portadle: receptor que puede ser movido de lugar a lugar

Recepción Caminante: Recepción por un receptor que se mueve a no mas de 5kph (usado mientras se camina o cuando se tienen pequeños movimientos)

Recepción Móvil: Recepción que ocurre a más de 5kph (un vehículo)

- **Señales de Prueba**

- 1) Mediciones en Servicio

Se usará la señal de DTV sin modificaciones o quizá se usará una secuencia de video repetitiva con sonido apropiado para habilitar la evaluación de la calidad de la imagen.

- 2) Mediciones fuera de Servicio

Estas señales de prueba deben ocupar el mismo espectro y tener la misma potencia promedio que la de la señal de DTV, pero pueden ser adaptadas para mediciones específicas tales como la caracterización del canal.

Una prueba común es la secuencia PN23 (pseudo ruido de $2^{23} - 1$ bit aleatorio) inyectado dentro de un modulador estándar DTV antes del ATSC FEC, código Trellis, y del interlineado. Otra señal común de prueba es una secuencia repetitiva de video con sonido apropiado para permitir la fácil evaluación de los errores en un flujo de programa.

- **Orientación y Clases de Antenas**

- 1) Antenas para mediciones de cobertura

Las antenas usadas para mediciones de cobertura, deben ser calibradas con respecto a un dipolo estándar montado en un mástil a la altura de 9.1 metros arriba de la tierra

- 2) Las antenas para servicio y caracterización de canal

Las Antenas para mediciones de caracterización de canal incluyen pero no se limitan a las siguientes clases y orientaciones:

- Mediciones con una antena de 9.1m arriba del piso

- Antenas bajo techo, asociadas con una instalación arreglada de recepción, deben ser caracterizadas por la ganancia y el patrón respecto a un dipolo, y montadas a 1.5m arriba del piso.

- Antenas bajo techo, asociadas con aplicaciones de recepción portable, dichas antenas son posicionadas cerca de 1m arriba del piso.

- Antenas asociadas con un uso de caminata, pueden ser consideradas para tener una característica aleatoria direccional con poco o nula ganancia, son montadas a 1.8m arriba del piso.

- Antenas asociadas a aplicaciones móviles son consideradas no-direccionales, son montadas en posiciones arregladas en los vehículos de manera que se maximice su exposición a las señales de radio.

Técnica del Haz de Inclinación para mejorar la cobertura cercana sin incrementar el área de cobertura

La técnica de inclinación del haz permite el incremento de la potencia efectiva radiada ERP si el haz principal es dirigido no al horizonte si no a un punto mucho más cercano del transmisor. La intensidad de campo de la DTV al límite del contorno de ruido permanece casi invariado, pero la intensidad de la señal mucho más cerca al transmisor mejora significativamente.

El patrón de elevación usual para una antena de televisión generalmente se dirige el haz principal hacia el horizonte. Por la curvatura de la tierra, la usual selección para la inclinación del haz en una torre de 1000 pies es de 0.7° de inclinación hacia abajo, la cual maximiza la cobertura en la franja.

Cuando a una estación existente de VHF de la NTSC se le asigna un canal de UHF de DTV, a la cobertura de la DTV se desea que sea pareja con la NTSC, pero hay diferencias de propagación entre UHF y VHF, la cobertura de UHF algunas veces cae un poco en comparación con la de VHF. En el 6° Reporte y Orden de la FCC, un nivel de potencia transmitida de 1000kW es permitido si las técnicas de inclinación del haz son usadas y la intensidad de campo en la franja del área de servicio son 1 dB menores que las autorizadas en las asignaciones corrientes. Las técnicas de inclinación del haz permiten incrementar la intensidad de campo en un área de Grado A sin causar excesiva interferencia fuera de la franja. El incremento de la interferencia causada por esta técnica no debe exceder del 2% de los estándares mínimos.

Para explorar las posibilidades de un haz de inclinación de UHF, consideremos el patrón de elevación mostrado en la figura 86 el cual tiene una declinación de ángulo convencional de 7° y quizá represente el patrón de elevación de un canal adyacente de la DTV. La inclinación del haz es generalmente usada para dirigir el haz hacia el horizonte.

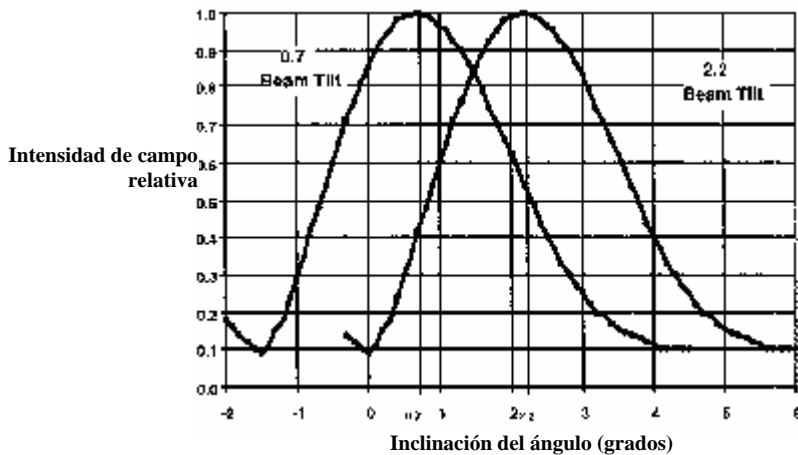


Fig 86

Comparando las intensidades de campo de dos ángulos de declinación (figura 87) a 56 millas de distancia, la intensidad de campo de la señal de 50 Kw. con una inclinación del haz convencional de 0.7° es 1 dB mejor que la señal de 1000kW con inclinación del haz de 2.2°. Esta es la protección que la FCC requiere. Pero al comparar las dos intensidades de campo de la DTV contra los patrones de distancia, se dan dos intensidades idénticas de campo a 51 millas mientras que a 10 millas la antena con un haz de inclinación de 2.2° mejora 10 dB con respecto al de 0.7°.

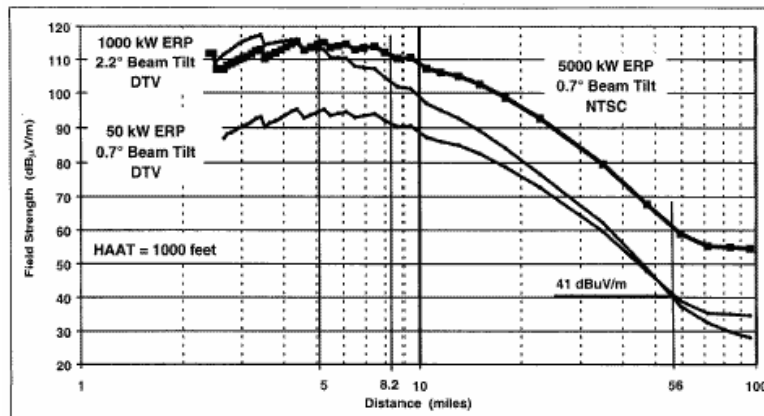


Fig 87

Análisis del patrón de Azimuth en forma de cúpula

Para alcanzar un mayor ERP para UHF, las antenas de NTSC son frecuentemente de banda angosta con incremento de ganancia por el apilamiento de los elementos para hacer angosto el patrón de elevación. Por otro lado las antenas de DTV deben ser de banda ancha, y tener estrategias de baja ganancia para alcanzar los valores de ERP bajos.

Un caso particular es cuando la antena existente de la NTSC está montada en lo alto, es circular con un cúpula bien definida y la antena de DTV está montada de lado en una pierna de la torre. Figura 88 muestra la posible combinación de las antenas transmisoras. Parecería que la intensidad de campo de la DTV generalmente se incrementa en dirección opuesta de la pierna de la torre y en la dirección de la torre la intensidad de campo decrece.

Se tiene como conclusión que el eco causado por las reflexiones RF de los componentes de la torre afectan las señales de DTV insignificadamente. Por consiguiente, el uso de antenas omni-direccionales montadas lateralmente para la DTV, pueden ser empleados exitosamente si se toman precauciones durante su diseño e instalación.

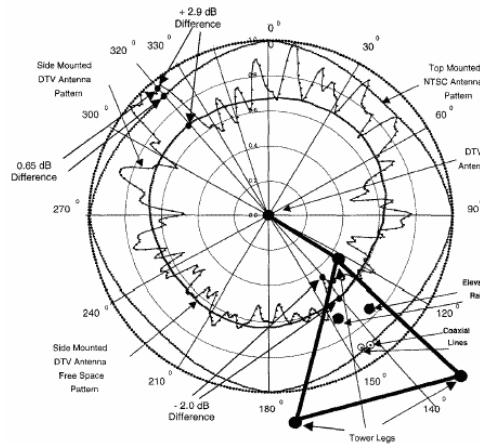


Fig 88

• **Duración de las Pruebas**

Se define de acuerdo al modo de recepción y abarcando un amplio rango de estaciones (meses o años), muy largos periodos (días o meses), periodos largos (minutos u horas), periodos cortos (segundos a minutos) y periodos muy cortos (segundos a menos de un segundo).

Propósito de la Prueba o Tipo	Información Primaria	Modo de Recepción	Duración de la prueba	Clase y Elevación de Antena	Orientación de la Antena	Condiciones de la Prueba
Cobertura (Verificación del Modelo de cobertura)	Intensidad de Campo- verificar la cobertura predicha: nivel recibido de la señal, ruido de impulso, interferencia RF	Externa: Clúster (100ft run) (puntos Múltiples) (ángulo de Azimuth)	Periodo corto (8)	Externa, 10m; calibración direccional con ganancia	Transmisión hacia la torre	Clima Mediciones de: arcos, radiales, cuadrículas, clúster Interferencia RF Variabilidad del tiempo
			Estacional Periodos muy largos Periodos largos Periodos cortos Periodos muy cortos	Externa, 10 m AGL(2); Direccional con ganancia	Óptimo (5) No óptimo (6)	Clima Impedimentos(7) Objetos cercanos en movimiento (10)
Servicio (Receptibilidad)	Estadísticas de la señal remodulada y decodificada - qué tan bien la señal es recibida Impedimentos: Ruido de Impulso Interferencia RF	Arreglado	Estacional Periodos muy largos Periodos largos Periodos cortos Periodos muy cortos	Interna, 1.5m AFL (3); Direccional con algo de ganancia Dipolo referencia(9)	Óptimo No óptimo	Clima Impedimentos(7) Objetos cercanos en movimiento
			Portátil	Periodos largos Periodos cortos Periodos muy cortos	Interna, 1m AFL: Monopolo Direccional	Óptimo No óptimo
	Variaciones en el Nivel de la Señal Mediciones Multitrayectoria - incluyendo:					

EL SISTEMA DE TELEVISIÓN DIGITAL ATSC Y SU IMPLANTACIÓN

	Intensidad de la señal Ruido de Piso Tasa de error Umbral de ruido agregado Información de pruebas de calibración Locación Dirección de la antena	Peatón: < 5kph <3.11 mph	Periodos cortos Periodos muy cortos	No direccional, 1.5m AFL : monopolo	No especificado	Clima Impedimentos Objetos cercanos en movimiento Recepción en movimiento
	Ninguna selección de sitios se basa en los impedimentos	Móvil: > 5kph >3.11 mph	Periodos cortos Periodos muy cortos	No direccional, 1.5m AFL : monopolo	No especificado	Clima Impedimentos Objetos cercanos en movimiento
Características del Canal	Multitrayectoria: Amplitud Fase Retrazo Cantidad Número y dispersión Doppler	Arreglada	Estacional Periodos muy largos Periodos largos Periodos cortos	Externa, 10 m AGL(2); Direccional con ganancia Interna, 1.5m AFL (3); Direccional con algo de ganancia	Óptimo No óptimo	Clima Impedimentos Objetos cercanos en movimiento
	Intensidad de Campo Ruido de impulso	Portátil	Estacional Periodos muy largos Periodos largos Periodos cortos	Interna, 1m AFL: Monopolo Direccional	Óptimo No óptimo	
	Interferencia RF Variaciones en el nivel de la señal	Peatonal	Periodos cortos Periodos muy cortos	No direccional, 1.5m AFL : monopolo	Óptimo No óptimo	Impedimentos Objetos cercanos en movimiento
	Selección de sitios según se requiera	Móvil	Periodos cortos Periodos muy cortos	No direccional, 1.5m AFL : monopolo	Óptimo No óptimo	Recepción en movimiento

- **Condiciones de Sitio**

Una descripción de las condiciones de sitio es esencial para cada locación en la cual las pruebas de campo se llevarán a cabo.

PROCEDIMIENTOS DE MEDICION

- **Mediciones de cobertura:** se realizan en una serie de sitios de prueba

- Criterios Generales: Elevación de la antena, Seguridad, Cobertura de Mercado

- Facilidades de los Campos de Prueba: estos pueden realizarse de manera Obligatoria u opcional.

- Conjunto de mediciones de datos: Intensidad de campo, observaciones de fecha, hora del día, topografía y clima. Orientación del Azimuth de la antena para mejor recepción y máxima intensidad de campo. El número de puntos de medición en un área de cobertura está en función de: Los puntos de medición son seleccionados para estar a una distancia de 16.1 km de la locación transmisora y son repetidos a intervalos de 3.2 km de la máxima distancia a la cual las mediciones serán hechas.

- Metodología: Se necesita seleccionar sitios individuales para las locaciones de medición en los cuales múltiples mediciones puedan ser realizadas sobre áreas específicas, estas mediciones son referidas como "mediciones individuales de locación cluster"

La figura 89 muestra un arreglo de cluster de puntos de medición los cuales son posicionados a intervalos discretos alrededor de un perímetro de un área de aproximadamente 9 metros cuadrados.

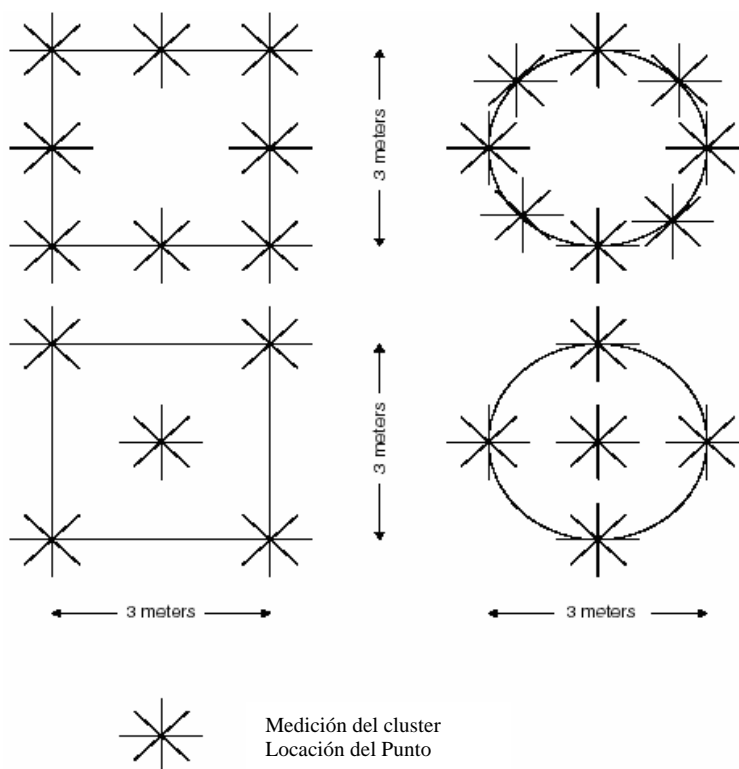


Fig 89

- Consideraciones de análisis: Las grabaciones Fotográficas (fílmicas o digitales) son de gran importancia para explicar las condiciones de los sitios con detalle. Los datos de cobertura deberán ser usados para una comparación actual de la fuerza de campo vs. la fuerza de campo calculada.

• **Mediciones de servicio**

Si las mediciones de cobertura son requeridas en los sitios donde las mediciones de servicio son llevadas a cabo, un conjunto de mediciones de cluster se deben conducir con forme a la sección de Mediciones de Cobertura mencionada anteriormente.

- Selección estadística de sitios: Las mediciones de servicio deben incluir la tendencia hacia uno o más factores de recepción particular como lo es la multitrayectoria, el oleaje de las aeronaves o los efectos por árboles o paredes de los edificios.

- Desarrollo de facilidades de las pruebas de campo: Se recomienda documentar una detallada lista del equipo tales como un diagrama de bloque, rango dinámico de niveles operacionales, las antenas, el receptor !

-Conjunto de mediciones: fuerza de la señal, ruido de piso, ruido agregado al umbral, margen calculado del umbral, tasa del segmento de error (SER), detallada locación de la antena, su descripción incluyendo su polarización y orientación, calibración del sistema de medición, coordenadas geográficas del sitio, hora del día, descripción de la construcción, duración de las actividades, etc.

- Consideraciones de Análisis: los datos medidos deben ser grabados en una base de datos donde pueda ser analizada e intercambiada eficientemente. Los formatos tabulares de bases de datos son una forma muy fácil para la colecta de datos.

- **Captura de las características de canal y el registro de la señal de RF DTV**

Las características del canal describen otros aspectos de la señal recibida tales como respuesta al impulso, y particularmente condiciones de multitrayectoria y como cambian en el tiempo. Una señal recibida en una locación particular impactara por el tipo de locación, sus alrededores, los objetos en el camino de transmisión, la interferencia, el ruido y el tipo, elevación y orientación de la antena.

Adicionalmente los datos registrados deben permitir la catalogación de características para su estudio y correlación entre parámetros individuales de señal.

- Criterios de selección: las locaciones deben ser seleccionadas dependiendo de lo esperado para las condiciones del receptor (fácil, difícil, promedio)

- Captura de Características de Canal: Método directo

La señal PN puede ser aquella contenida en una señal normal transmitida o una secuencia especial de fuera de servicio

- Registro de la señal de DTV: Se debe registrar por lo menos 20 segundos

-Análisis:

Los datos registrados de las señales de DTV RF se pueden alimentar directamente a los receptores para evaluar los efectos de las mejoras en los diseños o para ajustes en el desempeño de los receptores con las señales registradas bajo toda la selección de los criterios descritos anteriormente. Dicha señal también debe ser alimentada simultáneamente a varios receptores para comparar su desempeño bajo las mismas condiciones de canal.

- **Mediciones Analógicas de Emisiones Televisivas**

En algunos casos, pruebas en campo de DTV podrían ser incorporadas con pruebas de televisión analógica (NTSC) para comparación de las emisiones de las señales con las señales de recepción de DTV.

- Se debe ser consistente con la selección de sitios en la sección de cobertura, dependiendo del objetivo de la prueba

- La facilidad de campo de prueba será determinada por el objetivo de la prueba, cobertura o servicio.

- Las mediciones obligatorias se deben tomar para las pruebas analógicas de campo incluyendo la intensidad de campo, la relación señal/ruido de video, clasificación subjetiva y comentarios sobre la naturaleza de los impedimentos (ruido, interferencia, multitrayectoria, etc.).

- Las pruebas analógicas pueden ser llevadas utilizando el mismo conjunto de pruebas utilizadas para la DTV con la excepción del receptor y el equipo de prueba.

- El impacto del Análisis en la Metodología: para la NTSC, debe ser realizada una medición subjetiva de impedimentos ITU-R500-3 adicionalmente a las mediciones estándar objetivas (los impedimentos son imperceptibles, imperceptibles pero no molestos, un tanto molestos, molestos o muy molestos)

Existen muchas razones por las que se deben hacer pruebas de los servicios analógicos Vs. servicios digitales:

- a) La más deseable aproximación es realizar las mediciones de NTSC en el mismo canal de mediciones de DTV pero esto no es posible por las diferencias que existen en los canales, la potencia y otros factores que habría que considerar.
- b) Realizar mediciones de NTSC en el canal usado para la misma licencia que para el canal de DTV, así no sería necesario un switcheo.
- c) Realizar mediciones NTSC en la misma banda que la DTV y tan cerca de otro canal de DTV como práctica.

Pruebas de campo realizadas para DTV y HDTV

Este es el vehículo en el cual se realizan las diferentes pruebas y captura de información en diferentes áreas de Estados Unidos, realizadas por la PBS, Harris y Philips. Es utilizado como una herramienta de entrenamiento y demostración, el cual ha viajado 18 meses, además ofrece seminarios.



Esta es la sección del estudio de DTV. Aquí están los equipos de: Routing switcher, master control switcher, compresión MPEG y multiplexación, conversión de formato, sincronía y equipo de prueba. Varios monitores de HDTV y SDTV están visibles.



Este es el rack de transmisión de DTV. En la parte izquierda superior se encuentran dos excitadores Harris para ATSC, dos pequeños amplificadores de RF debajo de los excitadores. El aparato en el centro del rack es un analizador 8-VSB Tektronix, esta es una pieza muy importante de la prueba. Y a mano derecha del rack, se encuentra el equipo convencional terminal de prueba.

EL SISTEMA DE TELEVISIÓN DIGITAL ATSC Y SU IMPLANTACIÓN



El camión remoto HD-1 construido por Sony con un costo de cerca de \$9 millones de dólares, es un tour de esfuerzos tecnológicos. Normalmente se encuentra en Madison Square Gardens en New York.



Esta es la pared de monitores del área de producción. Los dos monitores centrales de HD, son las exhibiciones de pantallas de plasma planas.



Esta es el área de Video tape. La mayoría de los VTR's son HDCAM Sony, y están equipados con controles de cámara lenta.



Área de degradación de video. El camión contiene una variedad de cámaras de HDTV, el monitor de imagen de HDTV es el mejor para evaluaciones críticas de video.



Esta es el área técnica del camión, contiene todos los switches principales, amplificadores de amplificación, generadores de señal, paneles de parcheo.



La intensidad de la señal y reflexiones son dos de los grandes factores limitantes en el área de cobertura de DTV. La energía en la parte superior y S/N son parámetros medidos principalmente como indicadores del buen funcionamiento del estándar 8-VSB. El receptor de energía en la parte alta representa a los coeficientes necesarios en los circuitos DSP para eliminar la multitrayectoria. Se ha encontrado que la señal puede ser recuperada inclusive si los coeficientes representan la mitad de la reflexión total del nivel de señal principal.

IV Receptores

En agosto del 2000, la CEA (Consumer Electronics Association), un grupo industrial el cual incluye como miembros a la mayoría de los productores de DTV, acordaron nombres uniformes para los productos de DTV. Sin embargo, hasta finales del 2000 no se habían usado estos nombres, pero acordaron hacerlo durante el 2001. La tabla siguiente resume los acuerdos de la CEA para los nombres de los monitores y televisores

Nombre del Producto DTV	Capacidad de Recepción de la transmisión de DTV	Proporción y mínimo modo de visualización para DTV	Mínima resolución de visualización	Capacidad de salida de audio
Televisión de Alta definición (HDTV)	Los 18 modos para la DTV de la ATSC	16X9: 720p y/o 1080e	Al menos 540p (para transmisiones de 720p) y al menos 810e(para transmisión 1080e)	Dolby Digital
Monitor de Televisión de Alta Definición(HDTV-Monitor)	Ninguno (se debe usar un receptor externo de DTV)	16X9: 720p y/o 1080e	Al menos 540p/al menos 810e (para recepción 720p y 1089e)	ninguno
Televisión de definición mejorada (EDTV)	Los 18 modos para la DTV de la ATSC	4x3 o 16X9: 480p	Al menos 480p	Dolby Digital
Monitor de Definición mejorada(EDTV-Monitor)	Ninguno (se debe usar un receptor externo de DTV)	4x3 o 16X9: 480p	Al menos 480p	ninguno
Televisión de Definición Estándar (SDTV)	Los 18 modos de la ATSC	4x3 o 16X9: less than 480p (e.g., 480i)	Menos que 480p (e.g., 480e)	Audio utilizable es requerido

Hay que tomar en cuenta que muchos modelos están siendo agregados y los precios cambian constantemente, por lo que hay que visitar los Sitios de los productores para tener la última información de productos DTV.

4.1 Productos de TV Digital disponibles de la Norma ATSC

Hay más de 800 productos de TV Digital en la norma ATSC. Actualmente el mercado norteamericano ofrece numerosos y variados productos para HDTV y otros productos de uso comercial para la TV digital.

- 575 modelos de monitores de HDTV, con precios desde US\$449 y 119 modelos de monitores de SDTV
- Se pueden combinar con un decodificador ATSC para recibir y exhibir programas de HDTV, EDTV o SDTV
- 106 modelos de receptores HDTV integrados, con precios desde US\$298. Hace 2 años estaban en US\$1000
- La mayoría soporta recepción satelital directa al hogar también recepción terrestre
- Tarjetas enchufables para computadoras personales, con precios desde US\$150 permiten a los usuarios recibir programas y servicios de TV Digital en su PC

Las ventas de los productos de TV Digital están aumentando rápidamente

EL SISTEMA DE TELEVISIÓN DIGITAL ATSC Y SU IMPLANTACIÓN

- Se ha vendido casi 12 millones de unidades de TV Digital en US desde que se puso en marcha el servicio, incluyendo monitores, receptores integrados y decodificadores
- Aproximadamente el 15% son decodificadores o receptores integrados, cifra que está aumentando de manera drástica
- Representa una inversión de alrededor de US\$20000 millones por parte de los consumidores
- En 2003 se vendieron 4.1 millones de unidades de TV Digital y se prevé la venta de 39 millones más en los próximos 3 años
- En 2004 se ha vendido hasta la fecha 2.8 millones de unidades, un aumento de 80% con respecto 2003
- 2003 se vendieron US\$400 millones más en televisores digitales que en televisores analógicos
- Los consumidores aceptan este producto a un ritmo superior que el de los televisores a color, video caseteras y computadoras personales
- En corea del sur se vendieron otros 1.7 millones de unidades de televisores digitales por un valor de US\$2500 millones

Los precios de los productos de TV Digital caen rápidamente

- los precios han disminuido aproximadamente 75 % desde el inicio de la transición a fines de 1998
- en promedio, los precios descendieron a razón de un 2% mensual
- las reducciones en precios ocurren con mayor rapidez que las rebajas iniciales en los precios de los televisores a color, vídeo caseteras y televisores analógicos con pantalla grande
- los consumidores norteamericanos están muy satisfechos con sus productos de TV Digital

La siguiente lista intenta proveer información de los proyectores, monitores y modelos integrados de HDTV más populares de la mayoría de los fabricantes. En esta tabla una "√" indica que esa característica sí aplica o es soportada y una "o" indica que esa característica no es soportada o no aplica.

Tipo de Display: FP=Front Projection: RP=Rear Projection: DV/CRT=Direct View CRT: DV/Panel= Direct View Flat Panel Display

Manufacturer	Model	Display Type				Display Size/Ratio		Supported DTV Display Native Resolutions				HDTV Input Interface(s)					Estimated Retail Price
		FP	RP	DV/ CRT	DV/ Panel	Size (Inches)	16x9	480p	720p	1080i	Type/ Fixed Resol.	Component	RGB/ VGA	DVI	IEEE 1394	Integrated HDTV Tuner	
Apex	GB43HD09	o	√	o	o	43"		√	√	√	o	√	o	o	o	o	\$1,299
Apex	GB65HD09W	o	√	o	o	65"	√	√	√	√	o	√	o	o	o	o	\$2,099
Dwin	Transvision 2	√	o	o	o	Variable	√	o	√	o	DLP 720x1280	√	√	o	o	o	\$12,950
Dwin	HD50	o	o	o	√	50"	√	o	o	o	Plasma 768x1366	√	o	o	o	o	\$14,950
Fujitsu	PDS-4242	o	o	o	√	42"	√	o	o	o	Plasma 1024x1024	√	√	√	o	o	\$7,999
Fujitsu	PDS-6101	o	o	o	√	61"	√	o	o	o	Plasma 768x1366	√	√	√	o	o	\$24,999
Hitachi	55DMX01W	o	√	o	o	55"	√	o	√	o	DLP 720x1280	√	√	o	o	o	\$9,999
Hitachi	57WX20B	o	√	o	o	51"	√	o	o	√	o	o	o	√	√	√	\$4,799
Hitachi	65SWX20B	o	√	o	o	47"	√	o	o	√	o	√	o	√	o	o	\$3,999
Hitachi	65WX20B	o	√	o	o	51"	√	o	o	√	o	o	o	√	√	√	\$5,299
Integra	PLA-50V1	o	o	o	√	50"	√	o	o	o	Plasma 768x1366	√	√	o	o	o	\$20,000
Integra	DVL-100	o	o	o	o	Variable	o	o	o	o	DLP 768x1024	√	√	o	o	o	\$5,000

EL SISTEMA DE TELEVISIÓN DIGITAL ATSC Y SU IMPLANTACIÓN

JVC	AV48WP30	o	✓	o	o	48"	✓	o	o	✓	o	✓	o	✓	o	o	\$2,199
JVC	AV56WP30	o	✓	o	o	56"	✓	o	o	✓	o	✓	o	✓	o	o	\$2,599
Loewe	AC09303 S/PB	o	o	✓	o	30"	✓	✓	✓	✓	o	✓	✓	o	o	o	\$3,400
Loewe	AC09383 S/PB	o	o	✓	o	38"	✓	✓	✓	✓	o	✓	✓	o	o	o	\$5,500
Marantz	PD50200	o	o	o	✓	50"	✓	o	o	o	Plasma 768x1365	✓	o	✓	o	o	\$15,999
Marantz	DL5500W	o	✓	o	o	55"	✓	o	✓	o	DLP 720x1280	✓	✓	o	o	o	\$15,999
Mitsubishi	WS-4851I	o	✓	o	o	48"	✓	✓	o	✓	o	✓	o	o	✓	✓	\$3,399
Mitsubishi	WS-4861I	o	✓	o	o	65"	✓	✓	o	✓	o	✓	o	o	✓	✓	\$4,799
Mitsubishi	WS-7371I	o	✓	o	o	73"	✓	✓	o	✓	o	✓	o	o	✓	✓	\$10,499
Mitsubishi	WS-7341I	o	✓	o	o	73"	✓	✓	o	✓	o	✓	✓	o	o	o	\$6,199
Mitsubishi	WD-65100	o	✓	o	o	65"	✓	o	✓	o	DLP 720x1280	✓	✓	o	o	o	\$13,000
Panasonic	CT-30WX52	o	o	✓	o	30"	✓	✓	o	✓	o	✓	o	o	o	o	\$2,499
Panasonic	PT-52DL52	o	✓	o	o	52"	✓	o	✓	o	DLP 720x1280	✓	o	o	o	o	\$5,999
Panasonic	PT-56WX52	o	✓	o	o	56"	✓	✓	o	✓	o	✓	o	o	o	o	\$2,499
Panasonic	PT-65WX51	o	✓	o	o	65"	✓	✓	o	✓	o	✓	o	o	o	o	\$2,799
Philips	30PW9818	o	o	✓	o	30"	✓	✓	o	✓	o	✓	o	o	o	o	\$2,999
Philips	34PW9847	o	o	✓	o	34"	✓	✓	o	✓	o	✓	o	o	o	o	\$3,999
Philips	60PP9502	o	✓	o	o	60"	✓	✓	o	✓	o	✓	o	✓	o	o	\$3,099
Pioneer	PDP-5030	o	o	o	✓	50"	✓	o	o	o	Plasma 768x1280	✓	✓	o	o	o	\$15,500
Pioneer	SDP-533HD5	o	✓	o	o	53"	✓	✓	o	✓	o	✓	o	o	o	o	\$3,999
Pioneer	PRD-730HD	o	✓	o	o	64"	✓	✓	o	✓	o	✓	o	✓	o	o	\$7,900
Princeton	AR30TW	o	o	✓	o	30"	✓	✓	✓	✓	o	o	✓	o	o	o	\$1,999
Princeton	AR34TW	o	o	✓	o	34"	✓	✓	✓	✓	o	o	✓	o	o	o	\$2,499
RCA Scenium	L50000	o	✓	o	o	50"	✓	o	✓	o	LCOS 720x1280	✓	o	o	o	✓ (+ Directv)	\$7,999
RCA Scenium	HD52WI40	o	✓	o	o	52"	✓	✓	o	✓	o	✓	o	✓	✓	✓	\$3,299
RCA Scenium	PHD50400	o	o	o	✓	50"	✓	o	o	o	Plasma 768x1365	✓	o	✓	o	o	\$14,999
RCA	D34W20	o	o	✓	o	34"	✓	✓	o	✓	o	✓	o	✓	o	o	\$2,399
RCA	D40W20	o	✓	o	o	40"	✓	✓	o	✓	o	✓	o	✓	o	o	\$2,199
RCA	D52W20	o	✓	o	o	52"	✓	✓	o	✓	o	✓	o	✓	o	o	\$2,399
Runco	PL-61cx	o	o	o	✓	61"	✓	o	o	o	Plasma 768x1366	✓	✓	o	o	o	\$29,995
Runco	CL-700	✓	o	o	o	Variable	✓	o	✓	o	DLP 720x1280	✓	✓	o	o	o	\$9,995
Runco	VX-1000c	✓	o	o	o	Variable	✓	o	✓	o	DLP 720x1280	✓	✓	o	o	o	\$16,995
Runco	DTV-1200	✓	o	o	o	Variable	✓	✓	✓	✓	o	✓	✓	o	o	o	\$44,995
Samsung	HLM43B5W	o	✓	o	o	43"	✓	o	✓	o	DLP 720x1280	✓	o	o	o	o	\$3,999
Samsung	HLM507W	o	✓	o	o	50"	✓	o	o	o	DLP 720x1280	✓	o	o	o	o	\$4,699
Samsung	HCM422W	o	✓	o	o	42"	✓	✓	o	✓	o	✓	o	o	o	o	\$1,899
Samsung	TXM3096WH F	o	o	✓	o	30"	✓	✓	o	✓	o	✓	o	o	o	o	\$1,099
Sharp	XV-210000U	✓	o	o	o	Variable	✓	o	✓	o	DLP 720x1280	✓	o	✓	o	o	\$11,995
SIM2 Selco	SVD500 HDPlus	✓	o	o	o	Variable	✓	✓	o	✓	o	✓	✓	o	o	o	\$10,995
SIM2 Selco	HT300	✓	o	o	o	Variable	✓	o	✓	o	DLP 720x1280	✓	✓	o	o	o	\$14,995
Sony	VPH-90U	✓	o	o	o	Variable	✓	✓	✓	✓	o	✓	✓	o	o	o	\$38,000
Sony	VPH-D50HTU	✓	o	o	o	Variable	✓	✓	✓	✓	o	✓	✓	o	o	o	\$11,365
Sony	VPL-VW12	✓	o	o	o	Variable	✓	o	✓	o	LCD	✓	✓	o	o	o	\$7,990
Sony	KP-46WT500	o	✓	o	o	46"	✓	✓	o	✓	o	✓	o	✓	o	o	\$1,900

EL SISTEMA DE TELEVISIÓN DIGITAL ATSC Y SU IMPLANTACIÓN

<u>Sony</u>	KE-51XBR900	o	o	o	✓	50"	✓	o	o	o	Plasma 768x1365	✓	o	✓	o	o	\$15,000
<u>Toshiba</u>	57HLX82	o	✓	o	o	57"	✓	o	o	✓	LCoS 1080x1920	✓	o	✓	o	o	\$8,999
<u>Toshiba</u>	TDPM78U	✓	o	o	o	Variable	✓	o	✓	o	DLP 720x1280	✓	o	✓	o	o	\$9,999
<u>Toshiba</u>	34HDX82	o	o	✓	o	34"	✓	✓	o	✓	o	✓	o	o	o	o	\$2,899
<u>Toshiba</u>	42HP82	o	o	o	✓	42"	✓	o	o	o	Plasma 768x1024	✓	✓	✓	o	o	\$8,499
<u>Toshiba</u>	50HP82	o	o	o	✓	50"	✓	o	o	o	Plasma 768x1365	✓	✓	✓	o	o	\$12,999
<u>Yamaha</u>	DPX-1000	✓	o	o	o	Variable	✓	o	✓	o	DLP 720x1280	✓	✓	✓	o	o	\$12,000
<u>Yamaha</u>	PDM-1	o	o	o	✓	50"	✓	o	o	o	Plasma 768x1366	✓	o	o	o	o	\$13,000
<u>Zenith</u>	C33W23	o	o	✓	o	34"	✓	o	o	✓	o	o	o	o	o	✓	\$2,499
<u>Zenith</u>	D61W25	o	✓	o	o	61"	✓	o	o	✓	o	✓	o	o	o	o	\$3,199
<u>Zenith</u>	D60WLCD	o	✓	o	o	60"	✓	o	✓	o	LCD	✓	✓	o	o	o	\$5,999
<u>Zenith</u>	P60W26	o	o	o	✓	60"	o	✓	o	o	Plasma 768x1366	✓	✓	o	o	o	\$25,000

La empresa Intel y la cadena NBC están trabajando en conjunto en un proyecto para desarrollar y distribuir programas a través de la televisión digital. Algunos de los contenidos serán guías de programas electrónicos, un chat, tarjetas de felicitación electrónicas, concursos interactivos y estadísticas deportivas.

En Corea del Sur, las principales empresas están empezando la fabricación de televisores y set-top boxes dedicados al mundo hogareño para la recepción de la televisión digital. La empresa LG Electronics y Samsung encabezan esa lista. Se viene la compu-tv una alternativa que surgió a fines del 2002 y a comienzos de 2003 es la llamada compu-tv una computadora es quizá el medio ideal para recibir las emisiones de la DTV, por ser digital. Varias empresas de computación desarrollaron nuevas placas que permiten ver televisión digital a través de una PC.

La compañía Hauppauge Computer Works desarrolló su DTV card, que recibe transmisiones digitales emitidas con el método MPEG de alta resolución y las puede decodificar. Por su parte, Compaq y Panasonic desarrollaron una placa llamada Model TB1T. Se trata de una placa sintonizadora y decodificadora que ronda los 300 dólares, y permite captar las señales digitales aéreas.

Otras empresas como Intel y Philips con su producto de Philips se llamará Coney, y será una placa PCI. Otras formas de ver la tele hay algunas tecnologías que se desarrollaron a la par de la televisión digital y que tienen sus adeptos. Una confusión básica se da con la televisión de alta definición o HDTV. Esta no tiene nada que ver con la forma de transmitir las señales. Es una posible norma para la calidad de audio y video. Aunque la norma oficial todavía no fue establecida, la HDTV ofrece cinco canales de sonido digital envolvente y alrededor de cinco veces la resolución de los actuales televisores. Para aprovechar esas ventajas habrá que contar con un aparato especial.

El servicio premium de televisión digital es la HDTV (High Definition Televisión o televisión de alta definición), de mejor calidad que el DVD. Pero, para poder verla, hay que tener acceso a señales digitales de alta definición y adquirir un televisor digital de HDTV, que hoy puede costar entre mil y US\$12.000 dólares.

Esto va a requerir todavía un tiempo en el mundo, y especialmente en América Latina, tal como ocurrió cuando se introdujeron los primeros teléfonos celulares.

V LA IMPLANTACIÓN DE LA TELEVISIÓN DIGITAL

5.1 EN AMÉRICA

5.1.1 Transición hacia la Televisión Digital en Estados Unidos

La Unión Internacional de Telecomunicaciones (UIT) definió en los años 1990 los principales estándares para la teledifusión digital terrestre, con lo cual se inició el actual movimiento mundial de migración o transición hacia la digitalización total de la producción y la transmisión de televisión.

El estándar digital estadounidense ATSC se publicó en mayo de 1993 y obtuvo aprobación federal el 16 de septiembre de 1995. Desde 1997, la Comisión Federal de Comunicaciones de los Estados Unidos (FCC) asignó una porción del espectro radioeléctrico para la DTV y estableció el plazo del 31 de diciembre de 2006, para completarla.

El 11 de octubre del 2001, la Comisión Federal de Comunicaciones (FCC, por sus siglas en inglés) aprobó las normas que rigen el uso de la tecnología digital por parte de las estaciones públicas de televisión. Al igual que las estaciones comerciales de televisión, las estaciones públicas se encuentran en proceso de convertirse en televisión digital (DTV, por sus siglas en inglés). Aunque las estaciones públicas de televisión, conocidas también como "estaciones de televisión educativa no comercial", no tienen que construir sus instalaciones de televisión digital sino hasta el 1º de mayo del 2003, el 11% lo han hecho con anticipación y ya están prestando servicios innovadores. Por ejemplo, desde 1998, PBS brinda servicios mejorados de televisión digital a sus estaciones afiliadas que ya operan digitalmente

Cuando se estaban elaborando las normas para la DTV, la FCC decidió darles a las estaciones de televisión gran flexibilidad para motivarlas a desarrollar servicios innovadores. Las nuevas normas de la FCC exigen a las televisoras suministrar como mínimo una programación de vídeo gratuita cuya calidad sea por lo menos equivalente a la que vemos hoy en día. Además de este requisito, tienen la libertad de ofrecer una amplia variedad de servicios "adicionales o complementarios" a su servicio de programación gratuita. Si las estaciones de televisión prestan cierto tipo de servicios adicionales o complementarios, como los canales por suscripción, deberán pagar al Departamento del Tesoro de los Estados Unidos una tasa del 5% sobre los ingresos brutos generados por esos servicios.

La FCC llegó a la conclusión de que esta flexibilidad no debe comprometer el objetivo no comercial y educativo de la televisión pública. Por consiguiente, además de tener que suministrar al menos un servicio de programas de vídeo gratuito, como todas las televisoras, las estaciones públicas de televisión deben utilizar toda su capacidad digital para prestar fundamentalmente servicios educativos no comerciales ni lucrativos, lo que significa que una "mayoría considerable" de los servicios de televisión digital no debe tener fines comerciales. Además, las estaciones públicas de televisión tienen prohibido la transmisión de comerciales durante la prestación de servicios televisivos gratuitos. Al igual que las estaciones comerciales de televisión, si las estaciones públicas deciden prestar servicios adicionales que generen ganancias, deberán pagar al Departamento del Tesoro de los Estados Unidos una tasa del 5% sobre los ingresos generados por esos servicios.

2002

Avanza sin problemas la transición hacia la DTV en EU. Los principales radiodifusores y fabricantes de Estados Unidos se reunieron con sus contrapartes de Argentina, Brasil, Chile, México y otros países del mundo en el marco de la NAB 2002 en Las Vegas, Nevada para examinar los adelantos de la transición de televisión digital gratuita transmitida por el aire (DTV)

en Estados Unidos. *CEA informó que Los consumidores ya han gastado más de US\$4 mil millones en más de 2 millones de productos de DTV. No cabe duda que las fuerzas del mercado están acelerando la transición. Compartir con nuestros colegas de América Latina el creciente éxito de la televisión digital en Estados Unidos con el estándar de televisión digital de ATSC y mostrarles los beneficios económicos de establecer un estándar común de DTV en todo el hemisferio.*

La **FCC** introduce gradualmente un plan para los sintonizadores de DTV, dicho plan minimiza el costo y permite a los consumidores tener acceso a las señales de DTV.

Este plan adoptado requiere que los fabricantes de televisores incluyan sintonizadores para la recepción al aire de televisión digital. Todos los televisores deberán contar con la tecnología DTV para el 2007, los sintonizadores se comenzarán a instalar en los aparatos más caros y de mayor tamaño en el 2004

Por la promulgación de un programa balanceado de 5 años que comienza con los Televisores más caros, la FCC está minimizando el costo de la fabricación de equipo para los consumidores. Esta acción marca otro paso en el progreso de la FCC hacia la realización de la transición de la Televisión Digital.

La FCC dijo que el plan refleja y contabiliza lo siguiente:

- Incluir la capacidad de recepción de DTV en nuevos receptores de televisión requerirá el rediseño de líneas de productos
- Los precios están decayendo y decaerán más rápido como la economía sea alcanzada y la eficiencia de la producción es realizada en el tiempo
- Los precios de las grandes televisiones han ido declinando a una tasa de \$100 a \$800 por año, así que el costo de un sintonizador de DTV podría ser parcial o completamente compensado por la declinación general de los precios.

La FCC dijo que este plan asegurará que los nuevos receptores de TV incluyan un sintonizador de DTV en un calendario tan cercano como viable económicamente al 31 de diciembre de 2006, fecha objetivo para término de la transición de la DTV aplicada por el Congreso.

Se calendarizan los requerimientos para los receptores de televisión con tamaños de pantalla más grandes de 13 pulgadas y todos los equipos receptores de televisión, así como Videocaseteras, DVD, deberán incluir la capacidad de recepción de DTV para después del 1º de julio de 2007,

La FCC continuará el monitoreo del estado del mercado y tomará pasos adicionales de ser necesario para proteger los intereses de los consumidores.

2003

Washington, DC, 18 de diciembre, 2003 – Mientras las autoridades de América Latina y el Caribe se preparan para reunirse en la Cumbre de las Américas, que se celebrará a principios de enero en Monterrey, México, los 34 miembros de la Organización de Estados Americanos (OEA) han dado un paso importante hacia la creación del primer mercado hemisférico de televisión digital, después de la reciente votación de la Comisión Interamericana de Telecomunicaciones (CITEL) de la OEA para fomentar la adopción de una sola norma de radiodifusión de TV Digital en todo el hemisferio.

Una norma hemisférica común de TV Digital facilitará el surgimiento de un inmenso mercado de 830 millones de personas y creará economías de escala que traerán más equipos provenientes de un número mayor de proveedores y a precios más bajos; esto acelerará la entrega de servicios innovadores y beneficiosos en toda la región y fomentará futura cooperación e inversiones en investigación y desarrollo. “La decisión de CITEL monta el

escenario para llevar los beneficios de esta nueva tecnología a toda la región”, añadió Graves. “debemos centrar nuestros esfuerzos en responder al interés por la TV Digital expresado por los gobiernos y las emisoras de toda América, quienes comienzan a planificar su propia transición a la radiodifusión digital”.

2005 Acelerando la transición a la Digitalización

El Congreso de Estados Unidos y la FCC están decididos a finalizar la transición al sistema de radiodifusión TTD tan rápidamente como sea posible por varios motivos, fundamentalmente para recapturar 108 MHz del muy valioso espectro a nivel nacional que quedaría disponible una vez que cesaran las transmisiones de TV analógica. Los radiodifusores también desean completar la conversión tan pronto como sea posible para eliminar los gastos de funcionamiento de dos estaciones de TV paralelas. En 2002, el Presidente de la FCC, Michael Powell estableció dentro de la Comisión un Grupo de Trabajo sobre TTD y anunció un plan (el “Plan Powell”) para acelerar la transición al sistema TTD, instando a distintos segmentos de la industria televisiva a adoptar voluntariamente medidas específicas para ello. Además las medidas que se describen más adelante, el Plan Powell hizo un llamado a distintos sectores de la industria para educar a los consumidores y promover la televisión digital. La industria de la radiodifusión, la transmisión por cable y los productos electrónicos de consumo respondieron positivamente a esta convocatoria mediante la aplicación de diferentes programas.

- **Medidas del Plan Powell:**

Generar la producción de programas de valor añadido- Dentro del Plan Powell, se solicitó a las redes de radiodifusión terrena ABC, CBS, NBC y Fox, y a los programadores HBO y *Showtime* que ofrecieran una programación TTD “de valor añadido” por lo menos durante el 50% de su horario de mayor audiencia. Esta programación de valor añadido podía ser de alta definición (HD), de multidistribución, interactiva, etc. La mayor parte de estas entidades aceptaron el desafío. De hecho, muchas de ellas ya cumplían este requisito.

Generar la distribución de programas – Se alentó a los afiliados de las cuatro redes principales en las 100 ciudades más grandes a transferir las señales TTD de la red sin degradación (por ejemplo, a transmitir una señal HD si eso es lo que ofrece la red) a más tardar en enero de 2003. El 89% de las estaciones que respondieron indicaron que cumplirían esa meta.

Requisitos para cursar radiodifusión terrenal sobre otros medios de transmisión, por ejemplo, cable y satélite – Se solicitó a los operadores de cable y radiodifusión directa por satélite (DBS) que brindaran hasta cinco servicios de radiodifusión u otros servicios digitales con “valor añadido” por lo menos durante el 50% de su horario de mayor audiencia. Los proveedores DBS y los diez operadores más importantes de sistemas múltiples de TV por cable estuvieron de acuerdo.

Requisito de decodificación de todos los formatos – La FCC consideró como un requisito que todos los receptores TTD pudieran recibir y decodificar todos los formatos posibles que pudiera enviar un radiodifusor, pero no adoptó una disposición formal al respecto debido en parte a que la industria TTD de Estados Unidos lo puso en práctica en forma voluntaria. El Comité para Sistemas de Televisión Avanzados (ATSC) y la Asociación de Consumidores de Productos Electrónicos (CEA) adoptó un programa de certificación por el que se aseguraba a los consumidores que cualquier receptor ATSC con el logotipo DTV pudiera exhibir una imagen nítida en cualquiera de los formatos de video ATSC que el radiodifusor eligiera para su transmisión. La decodificación de todos los formatos es esencial para permitir luego –si no desde el mismo comienzo– la incorporación de la televisión de alta definición (HDTV). En Australia, el fracaso en proporcionar la decodificación de todos los formatos condujo a la necesidad ineficiente de tener que enviar dos señales digitales, una para HDTV y otra para SDTV (televisión digital con definición normalizada). De igual forma, en aquellos países europeos que ya han lanzado el servicio TTD, la falta de decodificación de todos los formatos

hará imposible la introducción del HDTV mediante la radiodifusión terrenal sin remplazar previamente todos los receptores existentes.

Requisitos de capacidad de recepción y decodificación en todos los receptores – Dentro del Plan Powell, se solicitó a los fabricantes de receptores que incluyeran voluntariamente la capacidad de recepción TTD y de decodificación en todos los receptores con más de 13 pulgadas de diámetro luego de un período de ajuste gradual. Para el caso que ello no se cumpliera voluntariamente, la FCC adoptó reglamentaciones para la aplicación de este requisito a los receptores de mayor tamaño en primer lugar, comenzando en 2004, y para todos los receptores de más de 13 pulgadas antes de julio de 2007. Actualmente se está aplicando esta regla y la CEA pronostica que solamente en el período que media hasta 2007 se venderán en Estados Unidos más de 33 millones de receptores ATSC TTD por año.

Posibles requisitos de desempeño de los receptores – Si bien no existen al nivel del gobierno requisitos sobre el desempeño de los receptores TTD, la ATSC (a recomendación de la FCC) ha adoptado como una práctica voluntaria el establecimiento de directrices sobre parámetros de desempeño para los receptores TTD.

Compatibilidad con otros medios de transmisión por ejemplo, cable, satélite y MMDS – Las industrias de transmisión por cable y productos electrónicos de consumo han adoptado requisitos para asegurar la compatibilidad de conexión activa que permita que los servicios HDTV en un solo sentido y otros servicios por cable sean recibidos directamente en los receptores de los consumidores sin necesidad de contar con una unidad de adaptación multimedia separada. La FCC codificó estos requisitos en sus reglas e incluyó una disposición en el sentido de que todos los denominados “equipos para cable” también incorporen las capacidades ATSC TTD de sintonía y decodificación. Estas industrias están trabajando actualmente para ampliar estas disposiciones a los servicios interactivos en dos sentidos.

Protección del contenido de la radiodifusión de televisión frente a la redistribución no autorizada – El ATSC ha incorporado a su norma un descriptor para el control de la redistribución del contenido (generalmente conocido como “bandera de radiodifusión”). Esta bandera de radiodifusión fue diseñada para evitar la redistribución generalizada e indiscriminada de contenido de radiodifusión o programación de alto valor añadido a través de Internet. La FCC también ha establecido reglas sobre cumplimiento y robustez para dispositivos con demoduladores ATSC para asegurar que reaccionen ante la bandera ATSC y la pongan en vigor. El dispositivo que cumpla este requisito no transferirá el contenido a otro dispositivo a menos que este último también lo cumpla. La comunicación entre ambos dispositivos permite verificar ese cumplimiento.

Actuales Actividades – Terminando el servicio Analógico. Cómo y cuando los servicios analógicos terminaran?

Concierne al 85% de las pruebas de penetración de mercado. Concierne que no hay un movimiento hacia una fecha de término arreglada y los esfuerzos de las estaciones y penetración de los receptores es lenta. El congreso de los Estados Unidos considera la promulgación de una fecha límite para terminar con las transmisiones analógicas. El 2009 se propone como una fecha de terminación.

Canales de DTV en la post-transición. Tareas básicas : identificar los canales de la post-transición de cada una de las 1797 estaciones de TV

Plan de 7 pasos basados en la propuesta industrial:

- Incluye 3 vueltas de elecciones de canal por estación
- Después de las vueltas 1 y 2 hay una oportunidad de las estaciones para resolver los conflictos de interferencia
- Después de la vuelta 3 todas las estaciones tendrán un canal de post-transición

Canales de DTV en la post-transición

Estado actual : Completada la primera vuelta y los pasos en conflicto de esta vuelta análisis/resolución. 1715 estaciones se les ha asignado sus canales finales tentativos (al 95%). Solo 81 estaciones participantes de la vuelta 2

PROGRESO SIGNIFICATIVO

La mayoría de las estaciones en el aire, incrementando la potencia de operación

Contenido – programación HD/Simulcast ampliamente disponible

Los consumidores adquieren receptores de DTV

- Creciendo rápidamente: 8.4 millones de familias tienen receptores de DTV
- Los sintonizadores de DTV ya están disponibles en tamaños medianos; con los requerimientos de sintonizadores de la FCC.

Educación al consumidor

- La mayoría de los consumidores están concientes de los beneficios de la DTV, especialmente de la HDTV, pero aún no muy concientes de que el servicio de la TV analógica cesará.

El congreso está arreglando las fechas y otras cuestiones del término del servicio analógico.

Septiembre 2005. Actualizaciones al estándar de DTV ATSC

AC-3 Realzado (E-AC-3). Se ha agregado en la nueva revisión de A/52, provee a la industria con capacidades de audio expandido que puede ser utilizado por las transmisoras, Cable, Satélite y aplicaciones de DVD. Además tiene la capacidad de ser compatible con decodificadores existentes.

Los desarrolladores han tenido cuidado de asegurar que las nuevas herramientas de codificación mejoren el desempeño y provean de nuevas características que permitan operar bajo un amplio rango de tasas de bits y las configuraciones de canal.

Una “Extensión del VSB” es un método de realce de las funcionalidades del sistema de modulación del 8-VSB de ATSC. El modo E-VSB (aprobado el año pasado como cambio del A/53 Anexo D) es un ejemplo de dicha extensión. El mecanismo de señalización de la extensión VSB facilita al E-VSB y a otras futuras mejoras para el 8-VSB sin retraso por compatibilidades.

Octubre 2005. La Asociación de Máximo Servicio de Televisión, Inc. (MSTV) y la National Association of Broadcasters han seleccionado a LG Electronics Inc. Y Thomson, S.A. para que desarrollen un prototipo de caja convertidora terrestre analógico-digital de alta calidad, bajo costo para recibir las señales digitales en una televisión convencional.

Este prototipo servirá como proyecto para futura fabricación de productos que aseguren que los más de 70 millones de televisiones analógicas, que dependen de las señales de transmisión terrestre, continuarán recibiendo el servicio de TV al aire gratuito cuando las transmisiones totalmente digitales comiencen.

Este compromiso provee la alternativa al consumidor de poder permanecer con su actual equipo analógico.

Financiamiento en cupones. The House Energy y el Comité de Comercio propusieron una política para subsidiar con \$990 millones de dólares, el costo del cambio a la TV digital para los consumidores. Se estima que el costo por cada caja sería de \$60 dls., pero a través del financiamiento, por familia, de \$40 dls en cupones, ellos sólo pagarían de su bolsillo \$20 dls

más. Se estima que en Estados Unidos hay 73 millones de TVs analógicas que no se conectan a cable o vía satélite. Esto significa que hay arriba de 20 millones de hogares que no pagan por Televisión. Esta propuesta dice que 2 cupones (\$40 Dlls) se enviarían automáticamente a cada casa, y que el dinero para las cajas podría venir de la subasta de AIRWAVE analógicas, las cuales las estaciones de TV regresarían una vez que ellos comiencen sus transmisiones solo digitales.

La política, con 33-17 votos a favor, aún debe ser aprobada por el Comité del Senado de Comercio.

Noviembre SBG (Sinclair Broadcast Group)

El Congreso se dirigirá a la FCC para que se incluyan sintonizadores de “alto desempeño” y chip-sets de “5a Generación” o mejores en los convertidores y receptores digitales-analógicos para asegurar que la televisión gratis al aire esté disponible y que asegure que se tendrá después de la transición a la televisión digital.

- 1715 estaciones de TV (98.5%) han sido autorizadas para transmitir en Digital
- 1497 estaciones están al aire con operación en DTV (FCC)
- estaciones se encuentran en pruebas al aire
- 808 estaciones se encuentran al aire con autorización especial de experimentación
- 843 estaciones comerciales pidieron una primera extensión del plazo que venció el 1º de mayo de 2002 para completar su instalación. 772 estaciones obtuvieron dicha prórroga. 71 fueron amonestados
- 602 de esas estaciones solicitaron una segunda extensión. 535 fueron otorgadas. 67 fueron amonestadas
- 141 de esas estaciones solicitaron un tercer aplazamiento. 104 fueron otorgadas. 37 fueron amonestadas.
- 214 estaciones no comerciales o educacionales solicitaron un aplazamiento del 1 de mayo de 2003, todos fueron otorgados. 134 estaciones solicitaron un segundo plazo, 129 fueron otorgados, 5 fueron descartados ya que las estaciones posteriormente salieron al aire

5.1.2 LA TELEVISIÓN DIGITAL TERRESTRE EN AMÉRICA LATINA

La euforia de los años 90 imprimió un ritmo vertiginoso a la incorporación tecnológica en América Latina. La digitalización del conjunto de los servicios de telecomunicaciones generó importantes expectativas en torno a la metáfora de la convergencia y de un mercado en expansión donde la TDT venía a completar la etapa digital del circuito de distribución audiovisual. A ello contribuyeron factores de diversa índole (legales, económicos, y tecnológicos) que generaron un nuevo escenario signado por dichas aspiraciones empresariales, insatisfechas luego por la evolución de los negocios, decididamente influidos por la depresión económica.

La desaceleración del crecimiento global a lo largo del último cuarto del siglo pasado tuvo como eje la pérdida de dinamismo de las economías centrales. En el campo de la radiodifusión, el desarrollo de la televisión post-fordista acentuó la saturación del mercado de aparatos receptores en los países industrializados, que vieron en la televisión de alta definición (HDTV) una posibilidad para reactivar el sector de la electrónica. La HDTV requería tecnología de punta y volúmenes de capital de tal dimensión que sólo las economías desarrolladas, pese a sus crisis de crecimiento, podían garantizar.

Las presiones permanentes por el control de mercados delimitados por la incompatibilidad técnica, han sido notorios en la región latinoamericana desde la última etapa de los 90.

Protagonizados por los representantes tanto del consorcio estadounidense ATSC como del europeo DVB, que han contribuido incesantemente a esta metamorfosis.

En América Latina, si bien los medios de radiodifusión fueron durante mucho tiempo áreas privilegiadas para las burguesías nacionales, históricamente vedadas al capital extranjero, una serie de legislaciones *ad hoc* modificaron esta situación.

En Argentina, a partir de la reforma de la Constitución de 1994, se habilitó el ingreso de los *players* transnacionales. En Brasil la posibilidad de entrada de éstos se dio con la sanción de la Ley de Televisión por Cable de 1994, y se profundizó a partir de la aprobación de la enmienda constitucional 5/2002, que permite a las compañías nacionales asociarse con extranjeras en la televisión abierta. En México, cabe señalar la interpretación laxa que se da a la figura de la "inversión neutra", que permitió que las cadenas locales fueran adquiridas por grupos internacionales. Así, fue verificándose el ingreso de distintos grupos transnacionales a los diferentes sistemas de radio y televisión de la región y la importancia creciente que adquirieron a la hora de definir políticas, regulaciones y opciones de negocios para el sector.

Por otra parte, casi todos los países latinoamericanos han iniciado sus experimentaciones en el terreno de la TDT, siendo Brasil, Argentina y México quienes más han avanzado en los estudios necesarios para evaluar el estándar tecnológico que regirá la migración al nuevo sistema de televisión en abierto. Considerando la certeza de que la región será importadora de tecnología, existe un aspecto clave en la adopción del sistema de TDT: la evolución de los precios de los equipos profesionales de producción y emisión y de los aparatos de recepción (televisores). Dicha evolución influirá directamente en el desarrollo del mercado y en la conformación de la audiencia, a partir de las inversiones que deberán afrontar los canales y la velocidad del recambio del parque de televisores.

El alto índice de concentración de la propiedad de los medios de comunicación, tanto en los medios tradicionales como en los segmentos innovadores, es otra de las características particulares de Latinoamérica a tener en cuenta en un escenario futuro. Como resaltan Becerra y Mastrini: "Los países latinoamericanos más ricos (Brasil, México, Argentina, en este orden) presentan rasgos y tendencias similares y tres de los cuatro actores multimedia más poderosos de América Latina (O Globo, Televisa y Clarín) tienen su sede en estas potencias regionales. Estos grupos presentan una extensión cuasi continental y estrechos vínculos con los grupos dominantes en el concierto mundial.

Este nivel de concentración en los distintos medios de radiodifusión y la fuerte presencia de oligopolios transnacionales en el sector, les otorga a las empresas una importante preeminencia a la hora de presionar sobre las decisiones en torno a la norma de TDT a adoptar. El nivel de inversión que requiere la implementación de un sistema de televisión hertziano digital, la capacidad de gasto en investigación y desarrollo (I+D) para lograr un mercado maduro donde implementar los productos, y la posibilidad de generar una economía de escala que permita su expansión, limitan la actuación de los operadores locales y los obliga a subordinarse a las estrategias de los consorcios internacionales.

Las dificultades que encuentran los países al momento de avanzar en definiciones sobre la migración tecnológica, se multiplican en las instancias formales de representación regional. En el caso del MERCOSUR, los acuerdos se limitaron a la inclusión del tema en la agenda común. Así, en las pautas de negociación del Subgrupo de Trabajo N° 1 "Comunicaciones", actualizadas en Montevideo en diciembre de 2001, se acordó un plazo de tres años para analizar "la evolución de los sistemas existentes a nivel mundial, considerando aspectos tecnológicos, económicos y de mercado" y "establecer los procedimientos de coordinación para la utilización y operación de canales radioeléctricos atribuidos al servicio de Radiodifusión de televisión con modulación digital en las bandas de VHF y UHF.

Chile

La decisión de Chile en torno a la adopción de una norma de TDT se ha postergado en medio de la tensión generada por el choque entre las demandas de los principales actores del mercado y la actitud dilatoria de los organismos públicos.

En 1989, el Estado chileno sancionó una nueva legislación, la Ley N° 18.838, que regula las actividades de radiodifusión. Según estipula esta norma, la radio y la televisión operan en un contexto de libre mercado, abierto al exterior, en el cual el Estado se resguarda la gestión de un canal público de televisión. No hay restricciones especiales sobre la nacionalidad del concesionario ni sobre la cantidad de frecuencias que éste puede explotar. Los canales creados con posterioridad a 1990 tienen derecho a usar el espectro por un cuarto de siglo. Los nacidos antes de ese año, los llamados “canales tradicionales”, tienen concesiones perpetuas... Algo insólito para los estándares internacionales. Actualmente, se verifica la presencia de los multimedios regionales entre los principales actores del mercado de la televisión abierta: Megavisión perteneciente al Grupo Televisa, originario de México, y Chilevisión, propiedad de la Organización Cisneros, de Venezuela.

Por su parte, el estudio para la introducción de la TDT comenzó hacia 1997, a través de las actuaciones del Consejo Nacional de Televisión y de la Subsecretaría de Telecomunicaciones (SUBTEL), el organismo regulador técnico dependiente del Ministerio de Transportes y Telecomunicaciones. Estos organismos fueron los encargados de elaborar una propuesta de un marco normativo y técnico para la introducción del nuevo sistema hertziano, lo cual dio lugar a la publicación del denominado *Libro Verde para la introducción de la televisión digital terrestre en Chile*, que formula los criterios y principios del diseño de una política estatal hacia la transición a la TDT. Luego del análisis sobre los impactos que causaría su implementación, se establecieron los plazos del “apagón” analógico: en diciembre de 2000 debía estar zanjada la discusión sobre la norma técnica a adoptar y, a partir de allí, debía introducirse tecnología, en forma gradual, en las distintas áreas geográficas del país.

Poco después, la Administración autorizó el uso experimental de canales adyacentes a los utilizados por las transmisiones analógicas en la banda de VHF (específicamente, los canales 8, 10 y 12), lo que propició que se realizaran transmisiones de moderada potencia empleando la norma estadounidense ATSC con resultados satisfactorios. Estas licencias experimentales ya han caducado y actualmente no se están realizando transmisiones digitales.

Hacia finales de 2000 el Gobierno informó que la adopción del estándar técnico de TDT se posponía. La demora se justificó basándose en la necesidad de analizar en forma acabada las implicancias de este nuevo sistema televisivo, sobre todo en relación a los modelos de negocios que puede generar, y de esperar la definición tecnológica de otros países de la región, lo que permitiría encuadrar a la industria nacional dentro de una economía de escala más competitiva.

Sin embargo, en opinión de Marcelo Pandolfo, ingeniero miembro de la Comisión Técnica de la asociación que agrupa a los principales canales de televisión de Chile, ANATEL (Asociación Nacional de Televisión), el Gobierno no ha hecho otra cosa que dilatar su pronunciamiento sobre el tema ante las opiniones divergentes expresadas por integrantes de SUBTEL y la posición oficial de ANATEL. En palabras de Pandolfo, “algunos funcionarios subalternos han demostrado un claro sesgo hacia la norma (europea) DVB. En cambio, nuestra asociación, que no tiene más que su voz en la toma de decisiones sobre la televisión digital, manifestó claramente su preferencia por la norma (estadounidense) ATSC en una detallada carta enviada al Ministro de Transportes y Telecomunicaciones”.

Entre estas tensiones no se puede dejar de señalar que la decisión sobre el nuevo estándar estará enmarcada por las estrategias de desarrollo pautadas para el mediano plazo. Así el tratado de libre comercio firmado entre Chile y EEUU en diciembre de 2002, marca un alineamiento claro que afecta a las futuras decisiones del sector. Como señala Ivan Bernier: “El impacto de estos tratados sobre el sector cultural no es nada despreciable (...) La nueva estrategia de Estados Unidos en el sector cultural deja bien en evidencia que mientras las medidas que no se conforman al trato nacional, al trato de nación más favorecida y al libre acceso a los mercados pueden tolerarse tal como existen actualmente en el sector audiovisual tradicional porque están obligadas, de una manera u otra, a desaparecer con el tiempo. Ninguna

tolerancia se acepta cuando se trata de contenidos distribuidos digitalmente, que son el centro de la nueva economía de comunicación, y que deberían permanecer por consiguiente libres del proteccionismo cultural. Para llevar a cabo esa estrategia, Estados Unidos propone actualmente un enfoque centrado de manera clara en la libre circulación de contenidos distribuidos digitalmente y elude la dicotomía entre los bienes y servicios culturales haciendo que los productos digitales queden sujetos a las mismas obligaciones básicas que se aplican al suministro electrónico de servicios, que son el trato nacional, el trato de nación más favorecida y el libre acceso a los mercados”.

Además, sentencia Bernier, “no hay dudas de que los nuevos tratados comerciales permitirán que la industria estadounidense logre un mejor acceso a los mercados de Chile. Sin embargo, es difícil predecir si estos tratados facilitarán el ingreso de productos de Chile en Estados Unidos. Tampoco se sabe si, en alguna medida, contribuirán al mejoramiento de la diversidad cultural.

A la espera de la postura final de los principales países de la región, la decisión que adoptarán las autoridades de Chile ya está condicionada por los compromisos presentes y futuros.

Argentina

Argentina fue uno de los cuatro primeros países a nivel internacional que adoptó la norma estadounidense ATSC, en 1998. Seis años más tarde no hay ningún avance significativo, y la mayoría de los representantes sectoriales considera apresurada esta decisión.

Los antecedentes al actual contexto de introducción de la TDT deben encontrarse en las privatizaciones de los servicios de radiodifusión (principales canales de televisión abierta, en 1989) y telecomunicaciones (venta de la Empresa Nacional de Telecomunicaciones en 1990). Una vez constituidos los principales agentes de cada sector, desde mediados de la pasada década se aceleró la presencia del capital extranjero en la radiodifusión, por medio de la reforma constitucional de 1994 y más tarde con la firma de los tratados de reciprocidad satelital. Ese período se caracterizó por “la irrupción de grandes masas de capital financiero internacional, un acelerado proceso de concentración económica, acompañado por el desplazamiento de actores tradicionales, una tendencia a adecuar la normativa a los intereses del sector privado, la superposición e inestabilidad de los organismos de control, la judicialización en torno a las definiciones sobre el sistema y la ausencia de debate acerca de las comunicaciones en la sociedad civil y los partidos políticos

En ese marco, la iniciativa de comenzar las emisiones experimentales en TDT estuvo a cargo del sector privado, impulsada por la Asociación de Teledifusoras Argentinas (ATA). Por su parte, hacia mediados de 1997, la Secretaría de Comunicaciones decidió crear la Comisión de Estudio de Sistemas de Televisión Digital (ampliada, en 1998, a Comité Consultivo sobre Televisión Digital) con el objetivo de evaluar los sistemas de TDT vigentes y proponer normas técnicas provisionarias. Las actividades de este organismo no tuvieron difusión pública relevante, hecho que, sumado a la nula participación de organismos no comerciales en el mismo, facilitó su exclusión del debate político.

Así las cosas, durante 1998 el Gobierno argentino definió el ancho de banda de 6 MHz para todos los canales digitales y previó la asignación de frecuencias experimentales a los actuales licenciatarios de televisión abierta por el término de tres años. Asimismo estableció un plazo de doce meses para adoptar un nuevo estándar y liberó las frecuencias del espectro que la televisión analógica no utilizaba.

En tanto, los operadores privados comenzaron con sus emisiones experimentales: en septiembre de 1998, el *Canal 13* de Buenos Aires (Grupo Clarín) realizó la primera emisión de televisión digital de alta definición (HDTV). Cabe recordar que en aquel momento los dos principales canales de televisión con sede en la ciudad de Buenos Aires -*Canal 13* (Artear S.A.-

Clarín) y *Canal 11* (Telefé S.A.-CEI-Telefónica)- se encontraban afiliados al Advanced Television Systems Committee (ATSC).

Semanas más tarde, en octubre de 1998, el Gobierno de Carlos Menem adoptó el estándar norteamericano (ATSC) argumentando que su ancho de banda era coincidente con el argentino, que ya existían receptores disponibles para su comercialización en el mercado internacional, que países como Taiwán y Corea del Sur habían adoptado la norma y que el sistema europeo (DVB) no se hallaba consolidado aún. A partir de ese momento se incrementaron las autorizaciones para emitir señales experimentales de TDT en todo el país, las cuales continuaron con cierta regularidad hasta mediados del año 2002.

Sin embargo, el nivel de acuerdo entre los protagonistas del mercado de las comunicaciones que entonces se expresó en la elección del estándar ATSC, sufrió alteraciones a partir de las modificaciones en la estructura de propiedad de las principales emisoras, iniciada con el acuerdo entre Telefónica y el fondo de inversión CEI, para dividir los medios de comunicación que compartían. La sanción del decreto 1005/99 conjuntamente con el mencionado proceso de redistribución, posicionó a Telefónica como el principal operador de televisión abierta de la Argentina, tras lo cual sus compañías subsidiarias se retiraron de la agrupación estadounidense ATSC.

Actualmente sólo uno (Clarín, a través de Artear) de los dos principales grupos radiodifusores argentinos se encuentra afiliado al ATSC, mientras que el otro (Telefónica) forma aparte del consorcio europeo DVB, denotando que no presentan hoy la posición homogénea de tiempos pasados. Por su parte, tanto el sistema público de televisión como los difusores independientes continúan a la expectativa del perfeccionamiento de los estándares europeo y estadounidense, mientras que los fabricantes siguen atentos la adopción que haga Brasil (en el caso de que no haya una opción conjunta del MERCOSUR) dada su capacidad de producción de receptores y/o adaptadores, la más importante de la región junto con la de México.

Ni en el momento de la elección de la norma ATSC, en 1998, ni hoy existen plazos de migración previstos, ni indicaciones acerca del destino de las frecuencias residuales y, si bien la tendencia adoptada reconoce la necesidad de la transmisión en alta definición (HDTV), no se estipulan futuros servicios de calidad inferior.

La ausencia de debate es notoria ya que, a diferencia de lo ocurrido en Brasil, por ejemplo, no han surgido actores sociales capaces de articular una agenda alternativa. Una posibilidad aún más lejana luego de la aguda crisis económica que afecta al país y que postergó no sólo la revisión de la norma sino la efectiva realización de un nuevo mercado para la TDT.

Brasil

El caso brasileño es el que más complejidad reviste en el proceso de toma de decisiones que nos ocupa. Sin duda la definición de este país tendrá un alto impacto en el conjunto de la región.

La introducción de la TDT aparece como la finalización de un complejo proceso de transformación de las políticas del Estado brasileño para el sector y puede significar la resolución a favor de una orientación liberalizadora de los segmentos comunicacionales, consolidada durante los años 90 y principios de este siglo, o la modificación drástica de esa tendencia.

Nos referimos a una tensión, históricamente presente, que se manifestó, por ejemplo, en la promulgación de la Ley de Televisión por Cable de 1994, donde se mostró un modelo de participación pública interesante que introdujo reivindicaciones en la norma ajenas a la lógica estrictamente comercial y la posterior contrapartida liberalizadora iniciada con la promulgación de la Ley General de Telecomunicaciones de 1997 -que permitió el ingreso del capital extranjero con algunas restricciones *antitrust*- y la posterior privatización de la compañía nacional de telefonía, TELEBRAS.

A mediados de la pasada década, fue el sector privado de radiodifusión, aún en manos de capitales nacionales oligopólicos interesados en la convergencia, el que comenzó a evaluar las posibilidades de transmisión de TDT: "el proceso de elección comienza en septiembre de 1994 cuando la SET (Sociedad de Ingeniería de Televisión, que representa a profesionales y empresas del sector) y la ABERT (Asociación Brasileña de Emisoras de Radio y Televisión, que agrupa a los radiodifusores) forman un grupo técnico para analizar la posible adopción de un sistema de televisión digital. Este grupo técnico tendrá luego gran importancia en el proceso de transición, al coordinar las pruebas técnicas que se realizan para elegir la norma. A partir de marzo de 1998, el nuevo ente regulador de las telecomunicaciones ANATEL (Agencia Nacional de Telecomunicaciones) pasa a coordinar el proceso de selección".

El apoyo a esta iniciativa por parte del Estado estuvo orientada por una política de desarrollo para el sector industrial vinculada a la producción de equipos electrónicos, ya que Brasil cuenta con un mercado potencial de 40 millones de televisores. A partir de entonces, la Administración otorgó a los actuales licenciarios más de 1.800 permisos para operar canales de experimentación digitales adyacentes a los analógicos. Así, una comisión conformada por la SET, la ABERT y la Universidad Mackenzie realizó numerosas pruebas entre 1999 y 2000, concluyendo que el patrón japonés ISDB-T era el más apto para el país, dada la calidad superior de la señal y la viabilidad para su recepción móvil.

Este pronunciamiento provocó inmediatas reacciones contrarias. Lo cierto es que la definición del patrón, prevista para septiembre de 2000, fue postergada una y otra vez. El temor a que la adopción fuera recusada judicialmente, llevó al Gobierno de Fernando Enrique Cardoso a dejar a su sucesor presidencial la responsabilidad de la decisión. Hacia finales del año pasado, existía un consenso -entre el Gobierno, las emisoras y los fabricantes de equipos- para descartar el desarrollo de un patrón nacional, al tiempo que se comenzó a pensar en un modelo híbrido que combinara HDTV con SDTV.

Instalado el nuevo Gobierno liderado por Lula da Silva, el pasado 25 de junio se sometieron a consulta pública tres documentos: el proyecto de decreto que crea el Grupo Ejecutivo del Proyecto TV Digital (GET), la *Exposición de Motivos de la Política de TV Digital* y el *Anexo de la Exposición de Motivos*, que demuestran el cambio de orientación impulsado desde el Ministerio de Comunicaciones.

En opinión del Foro Nacional por la Democratización de la Comunicación estos instrumentos indican un avance en la discusión que impulsan los planteos defendidos por las organizaciones de la sociedad civil y que ahora son retomados por el Gobierno. Así destacan como avances positivos:

- El reposicionamiento de la discusión a partir de la conducción del proceso por parte del Ministerio de Comunicaciones y no de la ANATEL. Esto implicó pasar de un mero tratamiento técnico a una dimensión política acorde a las necesidades sociales y culturales de Brasil, centrando la elección en los modelos de servicios y negocios a futuro.
- La importancia adjudicada al derecho a la "inclusión digital" de los ciudadanos, que implica la garantía de servicios interactivos como parte de los servicios ofertados por la TDT.
- La decisión de comenzar a evaluar las capacidades para generar un desarrollo industrial local y autónomo.
- El articular las políticas de inserción de la TDT con los demás países de la región, especialmente los pertenecientes al MERCOSUR.

También se reclama:

- Una política de producción de contenidos para el nuevo sistema.
- La inclusión en el debate de todos los servicios comunicacionales que se verán afectados (radio, televisión por cable, *software*, etc.).
- La inclusión del Foro en el GET.

Esta nueva configuración del debate permite inferir que al contrario de lo sucedido con la privatización de las telecomunicaciones, en el terreno de la TDT se tomarán las precauciones para viabilizar la presencia de capitales nacionales que puedan tener también proyección internacional. El estado actual de la discusión evidencia que, a diferencia de lo sucedido en otros países de la región, los sectores especializados de la sociedad civil brasileña participan activamente en el debate en torno a la adopción de políticas de comunicación.

Pese a los incesantes avances y retrocesos, la participación ciudadana logró importantes reivindicaciones: la aprobación de la Ley 8.389/91, que reglamentó la composición del Consejo de Comunicación Social a través de un acuerdo firmado con el empresariado de comunicación; la formulación y aprobación de la mencionada Ley de Televisión por Cable, resultado de una inédita negociación entre el sector privado y los sectores de la sociedad civil articulados por el Forum Nacional por la Democratización de la Comunicación que produjo el texto que fue acogido y apoyado integralmente por el Congreso Nacional; la aprobación de la Ley 9.612, que creó el Servicio de Radiodifusión Comunitaria e impulsó la incorporación de las demandas sociales sobre la comunicación. Finalmente, la efectiva instalación del Consejo de Comunicación Social, conquista que se logró once años después de haber sido aprobada la Ley 8.389.

De modo que es probable esperar que la adopción de la norma de TDT en Brasil exprese, con cierto grado de complejidad, la heterogeneidad presente en el sustrato de su discusión pública.

GUIA DE IMPLEMENTACIÓN DE RADIODIFUSIÓN DE TELEVISIÓN TERRENAL DIGITAL (TTD) BRASIL

Al asumir su funciones en 2003, el nuevo gobierno federal de Brasil revisó la política para la instalación de la televisión terrenal digital, la que pasó entonces a ser un programa de gobierno focalizado en la importancia que tiene este medio de comunicación como plataforma para la inclusión social y la reducción de la desigualdad en Brasil en términos de acceso a la información, educación e ingresos. En este programa participan directamente diez Ministerios bajo la coordinación del Ministerio de Comunicaciones.

Esta posición, necesaria desde el punto de vista humano y social y que puede traducirse como una "tecnología al servicio del pueblo", exige la incorporación de factores socioeconómicos y de regulación de políticas, además de aspectos tecnológicos que requieren un abordaje multidisciplinario.

La primera fase de la instalación del Sistema de Televisión Terrenal Digital en Brasil, cuya finalización se programó para el primer semestre de 2005, se define en el Decreto nº 4901 de noviembre de 2003 y contempla los objetivos siguientes:

- a) determinar un modelo de referencia para el Sistema de Televisión Terrenal Digital en Brasil;
- b) proponer la norma de televisión digital que se adoptará en Brasil;
- c) proponer el modelo de desarrollo del servicio de televisión digital, y
- d) proponer un calendario y un modelo para transición del sistema analógico al digital.

En la segunda fase se debe continuar el desarrollo de las tecnologías y servicios seleccionados dentro del Modelo de Referencia que se consideren de importancia. Ello dependerá en gran medida de las definiciones sobre la norma y el modelo comercial elegidos en la primera fase. Entre otras iniciativas, en esta fase deberán adaptarse los parámetros de regulación.

Finalmente, la tercera fase abarcará la instalación de las tecnologías y servicios que se hayan desarrollado.

En este documento se presentan los pasos dados por el gobierno de Brasil con respecto a la adopción de un Sistema de Televisión Terrenal Digital que respete las características y

condiciones sociales, brindando la oportunidad de desarrollar las soluciones regionales más convenientes para superar la situación de urgencia que motivó esta decisión.

Se describen las medidas adoptadas por el gobierno de Brasil y los aspectos institucionales que se tomaron en consideración para la instalación del Sistema de Televisión Terrenal Digital en el país, el enfoque metodológico aplicado al análisis y planificación del sistema, y los progresos alcanzados por el gobierno con respecto a sus definiciones.

En el proceso de planificación y análisis del sistema brasileño se buscan soluciones apropiadas a la realidad social y económica del país que den lugar a la competencia y apunten el complejo electrónico nacional. Por lo tanto debe ponerse énfasis, entre otros factores, en los siguientes objetivos del Sistema de Televisión Terrenal Digital de Brasil:

- Promover la inclusión social, la diversidad cultural del país y el idioma oficial mediante el acceso a la tecnología digital con la finalidad de democratizar el uso de la información.
- Hacer posible la creación de una red universal de educación a distancia.
- Planificar el proceso de transición de la televisión analógica a la digital permitiendo la gradual migración de los usuarios a costos compatibles con sus ingresos.
- Establecer en el área de la televisión digital acciones y modelos comerciales congruentes con la realidad comercial y económica del país.

Con el fin de llevar a cabo un análisis detallado de los aspectos tecnológicos, reglamentarios, sociales, industriales, económicos y de competencia internacional que respalden con una perspectiva holística la decisión de instalar el sistema TTD en Brasil, el gobierno decidió incorporar la participación de varios sectores de la sociedad, para lo cual se crearon dos comités (el Comité de Desarrollo y el Comité Consultivo) y un Grupo de Gestión.

La actual política estratégica del gobierno de Brasil orientada al Sistema de Televisión Terrenal Digital ofrece a la comunidad científica y tecnológica el privilegio de desarrollar soluciones más prácticas ajustadas a la realidad industrial, socioeconómica y cultural. Además de tal oportunidad, el gobierno incentiva el debate sobre la instalación del sistema TTD con la participación real de los sectores más importantes de la sociedad mediante la creación de un grupo de trabajo con el sello del Gobierno Federal que, además de establecer las directrices correspondientes actúa con la suficiente eficiencia para transformarlas en realidad. Resumiendo, los Comités de Desarrollo y Consultivo y el Grupo de Gestión del proyecto estarán en actividad y se contará asimismo con la asignación de recursos para llevar a cabo el trabajo de investigación y con un método adecuadamente diseñado para que las distintas instituciones de investigación acreditadas actúen de manera integrada en la propuesta de las soluciones tecnológicas y de servicios relativas al Sistema de Televisión Terrenal Digital a instalarse en Brasil.

5.2 LA IMPLANTACIÓN DE LA TELEVISIÓN DIGITAL EN MÉXICO

Con el propósito de hacer una breve reseña sobre lo que se ha hecho en México respecto de la televisión digital, podemos comenzar por señalar que en el año 90 se realiza una alianza estratégica entre TELEVISA y la NHK de Japón, para comenzar con los trabajos de televisión

de alta definición. Pero en aquel tiempo era solamente televisión análoga, entonces se decidió esperar algunos años a que la tecnología digital madurara y fuera posible para nosotros empezar a evaluar una solución atractiva.

En el año 1997 se otorgan los dos permisos anteriormente y de esta manera entre el mes de Diciembre de 1997 y Enero de 1998, se realizan las primeras transmisiones de televisión digital en los canales 53 y 48 de la Ciudad de México, y se hace la primer transmisión a nivel mundial de un partido de football (soccer) con producción totalmente realizada en alta definición. El día 3 de Marzo de 1999 se comenzaron a realizar transmisiones diarias, que continúan hasta el día de hoy de manera permanente.

En el año 2000 se forma el Comité Consultivo y empezamos las evaluaciones de los estándares disponibles en ese momento con el ATSC y el DVB. El propósito era comparar el comportamiento de los dos estándares operando bajo las mismas condiciones en: ancho de banda, canal, área de cobertura, sistema de transmisión y antena, y así evitar todas aquellas comparaciones que se presentaban en Internet que favorecían o perjudicaban a uno o a otro de los estándares.

En el 2001 tuvimos la posibilidad de contar con los tres sistemas operando de manera prácticamente simultánea bajo la misma cadena de transmisión. Primero se hacían transmisiones en ATSC, se tomaban muestras y evaluaciones, se cambiaba de equipo y con el mismo transmisor y el mismo sistema de radiación se hacían transmisiones en DVB, y minutos después en ISDB. Éste fue uno de los principales reportes que se presentaron al Comité Consultivo y, sin duda, fue la base para que en México la decisión sobre el estándar a adoptar se tomara de manera importante y definitiva.

En el año 2002 continuamos con las pruebas, y en el 2003 se comenzaron a realizar pruebas de transmisión de datos agregados a la señal de televisión para efectivamente lograr el concepto de convergencia digital en la radiodifusión.

Posteriormente, en el 2004 se hace la transmisión de una final de football en México, totalmente en alta definición, y se instalan sistemas de demostración en diferentes centros comerciales. El propósito era primero, obviamente, realizar pruebas técnicas, darnos cuenta de las limitantes que posee TELEvisa para poder realizar dichas transmisiones, identificar qué capacitación necesita brindarse a su personal. Pero lo más importante era ver qué resultado tendría en el interés de la gente y con gusto nos dimos cuenta que la gente acepta muy bien la alta definición en la transmisión. Ahora nos encontramos trabajando en la otra parte, la de los datos, para lograr el desarrollo de algunas aplicaciones y así poder ofrecer servicios de información asociados al programa de televisión.

Por último, en el mes de Marzo de 2004 se entrega la Recomendación al Secretario de Comunicaciones y Transportes y en el mes de Julio del mismo año se adopta oficialmente el estándar de ATSC, el estándar americano en México, y se establece asimismo la política de transición para lograr la penetración de los servicios de televisión digital en nuestro país.

Pruebas y reportes ya realizados. Las transmisiones diarias empezaron básicamente en el año 1999, aunque tenemos transmisiones esporádicas en los años anteriores, en las mismas se incluye material en vivo y grabado, los horarios de transmisión son de 7 de la mañana a 12 de la noche en la Ciudad de México, y también hay un nuevo canal de televisión digital en la Ciudad de Tijuana, que limita con San Diego en los Estados Unidos. El propósito es ofrecer demostraciones en los centros comerciales, en Universidades, celebrando reuniones de índole técnico mayoritariamente, y tal vez alguna reunión de gente relacionada a la radio y la televisión, pero no necesariamente desde el punto de vista tecnológico.

Panorama Actual

El pasado 2 de Julio de 2004 se publico en el Diario Oficial el acuerdo por el que se adopta el estándar tecnológico de televisión digital terrestre y se establece la política para la transición a la televisión digital terrestre en México". En el acuerdo se destaca:

- La adopción del estándar A/53 de ATSC
 - La asignación temporal de un canal adicional para la transmisión digital
- Se publica en internet la lista de canales adicionales, ultima actualización 10 de mayo de 2005
- Se establecen periodos trianuales para llevar a cabo la transición
- Se realizaran adecuaciones necesarias a concesiones y permisos

Periodos de Transición

El proceso de transición a la TDT incluye seis periodos trianuales revisables

Se combina para cada periodo y en forma progresiva, la Presencia (cuando las transmisiones de señales de la TDT tienen niveles que superan el umbral de recepción de la señal de 41 dBu, en al menos 20% del área de servicio del canal analógico registrado en la secretaría) y Réplica Digital de cobertura (cuando se supera el umbral de recepción antes señalado, en al menos el 90% del área de servicio) de las transmisiones en las actuales coberturas analógicas.

- Primer periodo (a partir de la entrada en vigor de este Acuerdo y finaliza el 31 de Diciembre de 2006)

México, D.F., Monterrey, N.L., Guadalajara, Jal., Tijuana, B.C., Mexicali, B.C., Cd. Juárez, Chih., Nuevo Laredo, Tamps., Matamoros, Tamps., y Reynosa, Tamps., con al menos la presencia de dos señales digitales comerciales.
- Segundo Periodo (1º de enero de 2007 al 31 de Diciembre de 2009). Replica Digital de las señales comerciales del Primer Periodo. Presencia de las señales digitales comerciales en zonas de cobertura de un millón y medio de habitantes en adelante.
- Tercer Periodo (1º enero 2010 al 31 de diciembre de 2012). Replica Digital de las señales del Segundo Periodo. Presencia de las señales digitales no comerciales en zonas de cobertura de un millón y medio de habitantes en adelante. Presencia de las señales digitales comerciales en zonas de cobertura de un millón de habitantes en adelante.
- Cuarto periodo (1 enero de 2013 al 31 de diciembre de 2015). Replica Digital de las señales digitales del Tercer Periodo. Presencia de las señales digitales no comerciales en zonas de cobertura de un millón de habitantes en adelante. Presencia de las señales digitales comerciales en zonas de cobertura de quinientos mil habitantes en adelante.
- Quinto Periodo (1 enero 2016 al 31 de diciembre de 2018). Replica digital de las señales del cuarto periodo. Presencia de las señales digitales no comerciales en zonas de cobertura de quinientos mil habitantes en adelante. Presencia de las señales digitales comerciales en zonas de cobertura de ciento cincuenta mil habitantes en adelante.

- Sexto Periodo (1º enero de 2019 al 31 de diciembre de 2021). Replica Digital de todos los canales analógicos, en todas las zonas de cobertura servidas por la televisión analógica.

Objetivos principales del Acuerdo:

Inclusión Digital: generar condiciones para que los receptores y decodificadores de televisión digital sean cada vez más accesibles al consumidor de nuestro país, con objeto de que la sociedad se beneficie de las ventajas que ofrece esta tecnología.

Calidad: brindar a la sociedad una mejor alternativa del servicio de televisión con imágenes y sonido de mayor fidelidad y/o resolución que las que actualmente proporciona la televisión analógica.

Fortalecimiento de la actividad: fomentar el sano desarrollo de los concesionarios y permisionarios de estaciones de televisión y el de las actividades relacionadas, mediante la incorporación de condiciones que propicien certidumbre técnica y jurídica para la transición a la TDT.

Nuevos servicios: alentar la incorporación y el desarrollo de nuevos servicios digitales, tanto asociados como adicionales a la TDT, sin que ello afecte la calidad del servicio principal.

Optimizar el uso del espectro: hacer un uso racional y planificado del espectro radioeléctrico para la convivencia de señales analógicas y digitales durante la transición a la TDT.

Modelo de la TDT

La TDT debe operar en función de las necesidades de la sociedad, para lo cual es necesario impulsar la interacción entre el Gobierno y los actores involucrados, población, concesionarios y permisionarios de estaciones de televisión, concesionarios de redes públicas de telecomunicaciones, promotores del estándar, fabricantes de equipos, productores de contenidos e instituciones educativas.

Para garantizar la continuidad del servicio de televisión analógica y el desarrollo del proceso de transición a la TDT, resulta necesario utilizar temporalmente un canal adicional por cada canal analógico, en el que se transmita digitalmente, en forma simultánea, la misma programación que se difunda en el canal analógico.

Se contempla que las señales de la TDT puedan ser captadas por el público en general mediante receptores fijos. No obstante lo anterior, con base en las recomendaciones que emita el Comité, la Secretaría analizará la viabilidad de incorporar a la TDT servicios de televisión portátiles y móviles.

Las transmisiones de la TDT deberán ser de calidad de alta definición (HDTV) o calidad mejorada (EDTV). Asimismo, para el inicio de las transmisiones digitales de cada canal adicional, la TDT deberá tener, como mínimo, calidad estándar (SDTV).

Canales adicionales para la transición a la TDT.

Para llevar a cabo el proceso de transición a la TDT, es necesario que los concesionarios y permisionarios cuenten con la asignación temporal de un canal adicional para realizar transmisiones digitales simultáneas de la programación transmitida por cada canal analógico, en las bandas de frecuencias que le corresponden a la televisión, conforme al Cuadro Nacional de Atribución de Frecuencias, así como para impulsar la convergencia tecnológica.

Con objeto de mantener una planificación adecuada del espectro radioeléctrico y favorecer la optimización futura del mismo, se tenderá a que la mayoría de los canales se concentren en la porción de las bandas ubicada del canal 2 al 52, procurando evitar la asignación futura de canales analógicos superiores al canal 52.

La asignación de nuevos canales analógicos o la modificación de los existentes, no deberá afectar la factibilidad del uso de los canales de la Tabla de Canales Adicionales para la Transición a la TDT.

Seguimiento, revisión y ajustes al proceso

El proceso de transición a la TDT debe incluir condiciones objetivas para dar seguimiento al proceso, a fin de evaluar sobre el desarrollo del mismo y, en su caso, reorientar las líneas de acción establecidas en la presente Política. El Comité realizará evaluaciones al desarrollo del proceso de transición a la TDT, para lo cual tomará en consideración:

- Inversiones realizadas;
- Mercado de receptores, penetración, disponibilidad y, precio de receptores y equipo asociados a la TDT;
- Equipos transmisores en operación y disponibles en el mercado, así como sus costos y características;
- Mercado publicitario;
- Información de encuestas;
- Censos y sus proyecciones;
- Niveles de audiencia de programas transmitidos a través de la TDT;
- Capacidad económica de la población, incluyendo el PIB, que dé a conocer el Banco de México;
- Número de estaciones concesionadas y permisionadas de televisión, y
- Experiencias internacionales.

Con el propósito de que el Comité cuente con la información necesaria para evaluar el desarrollo del proceso, los concesionarios y permisionarios deberán presentar a la Secretaría, en el mes de enero de cada año, a partir del 1° de enero de 2007, la información requerida en el Anexo I de la presente Política.

Procedimientos y plazos para solicitar el refrendo de la concesión o el permiso con base en la presente Política.

Los concesionarios y permisionarios que deseen obtener el refrendo deberán presentar su solicitud, incluyendo la información señalada en el Anexo II de la presente Política. La Secretaría resolverá la solicitud de refrendo de conformidad con lo establecido en la Ley Federal de Radio y Televisión, su Reglamento y las disposiciones legales aplicables.

Plazos para solicitar el refrendo - La Secretaría publicará en Internet la lista de los canales digitales que se encuentran autorizados, identificando si se encuentran en proceso de instalación o en operación, así como sus características técnicas y el concesionario o permisionario que corresponda.

Receptores de Televisión Digital - Con la finalidad de propiciar que se cuente con receptores de Televisión Digital, en las mejores condiciones de calidad, diversidad, oportunidad, disponibilidad y precio, deberán acordarse y promoverse las acciones correspondientes con los fabricantes, vendedores y distribuidores de equipo.

Adicionalmente, se favorecerá la participación de otros actores relevantes al proceso, como son los concesionarios del servicio de televisión restringida, en materia de distribución de contenidos de HDTV y EDTV y de promoción de la convergencia; para contar con niveles de capacitación y desarrollo acordes a la evolución de la tecnología en beneficio del país.

ANEXO I - Información requerida de los concesionarios y permisionarios para el seguimiento de la transición al a Televisión Digital Terrestre

ANEXO II - Modelo de escrito con el que se presenta la información requerida a los concesionarios y permisionarios que soliciten su refrendo.

ANEXO III - Cobertura social. Con objeto de satisfacer las necesidades de cobertura social de los servicios de televisión, el Concesionario está obligado a cubrir en forma eficiente aquellas poblaciones rurales o de bajos recursos económicos que se encuentren localizadas dentro de su zona de cobertura, incluidas aquellas que por su ubicación geográfica no reciben la señal, para lo cual, de conformidad a lo establecido en las disposiciones legales aplicables en la materia, debe instalar y operar equipos complementarios de zona de sombra, previa autorización o requerimiento de la Secretaría. Dichas estaciones quedarán sujetas a las Condiciones establecidas en el presente Título y deberán instalarse de conformidad al programa de cobertura que se establezca, mismo que deberá ser concertado previamente entre la Secretaría y el Concesionario. La Secretaría notificará al Concesionario las poblaciones en las que se demanda el servicio y que se encuentran dentro de la zona de cobertura de la Concesión.

Nuevas tecnologías. El Concesionario está obligado a implantar la tecnología de la Televisión Digital Terrestre (en adelante la TDT) utilizando el estándar A/53 de ATSC de conformidad con el Acuerdo Secretarial por virtud del cual se adopta el estándar y lo establecido en la Política, publicados en el Diario Oficial de la Federación el (FECHA). Al efecto, deberá observar y llevar a cabo todas las acciones en los plazos, términos y condiciones señalados en el presente Título, a fin de garantizar la eficiencia técnica de las transmisiones.

Programación. El Concesionario deberá observar, al decidir libremente su programación, lo dispuesto por los artículos 5º y demás relativos de la Ley.

Protección civil. En caso de desastre, el Concesionario orientará sus emisiones, en coordinación con las autoridades competentes, con el propósito de prevenir daños mayores a la población y remediar los ya causados.

Programación impropia para los niños. La transmisión de programas y publicidad impropios para la niñez y la juventud, en su caso, deberán anunciarse como tales al público en el momento de iniciar la transmisión respectiva.

Salud. El Concesionario sujetará la publicidad que se refiera a la salud a lo establecido en la Ley General de Salud, así como a los establecidos en el Reglamento de la Ley General de Salud en Materia de Publicidad, el Concesionario se asegurará que la publicidad que transmita cuente con la autorización sanitaria o se haya presentado aviso a la Secretaría de Salud, para lo cual, podrá exigir al anunciante la documentación respectiva.

Contenido religioso. El Concesionario, de conformidad con lo previsto por el artículo 21 de la Ley de Asociaciones Religiosas y Culto Público, y su Reglamento.

Respeto a la persona. El Concesionario, no deberá transmitir programas o publicidad que constituyan discriminación motivada por origen étnico o nacional, el género, la edad, las capacidades diferentes, la condición social, las condiciones de salud, la religión, las opiniones, las preferencias, el estado civil o cualquier otra que atente contra la dignidad humana y tenga por objeto anular o menoscabar los derechos y libertades de las personas.

Protección al público. El Concesionario a efecto de ofrecer una protección al público en sus transmisiones, observará las disposiciones que sobre libertad de expresión establece el artículo 6º de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos.

Apoyo a la capacitación. El Concesionario, de acuerdo con sus posibilidades, admitirá en la estación, para efectuar prácticas, a estudiantes y pasantes de las carreras directamente

relacionadas con la radiodifusión, siempre que se trate de personas que realicen sus estudios en escuelas reconocidas por el Estado.

Apoyo a la educación. El Concesionario coadyuvará en las labores de enseñanza a través de la radio y la televisión, podrá coordinarse con la Secretaría de Educación Pública, la Cámara Nacional de la Industria de la Radio y la Televisión u otras instituciones de investigación educativa en México.

Responsabilidad del contenido. El Concesionario es responsable del contenido de la programación y de la publicidad que transmita de conformidad con lo establecido en este Título, en la Ley, el Reglamento, la Ley Federal de Derechos de Autor.

Primer periodo de transición a TDT (estado actual)

En México no existe una norma o documento en el cual se indiquen las características con las que deberá operar la estación digital

En la política únicamente se indica que deberá ofrecerse un nivel de intensidad superior a 41 dBuV sin identificar la banda.

Los radiodifusores que deseen hincar su transición a digital no cuentan con una guía para realizar su transición

No existe un medio de difusión en el cual nuestro gobierno informe de las experiencias obtenidas de las estaciones experimentales que operan en nuestro país.

5.2.1 Tareas a realizar para la correcta transición a TV Digital en México

Ampliar la base del Comité Consultivo de Tecnologías Digitales para Radiodifusión. La autoridad debería convocar a Colegios y Asociaciones de Ingenieros, instituciones educativas, etc., para iniciar el proceso de creación de una Norma Nacional.

Emitir una Guía Técnica para la transición a la DTV similar al Boletín No. 69 de la FCC

Difundir las experiencias logradas en las estaciones experimentales de una forma abierta y establecer un foro de consulta para todos los radiodifusores del país

Establecer un acuerdo de cooperación entre diferentes asociaciones de radiodifusores Mexicanos y Americanos para compartir experiencias.

Implementación por parte de la SCT de una base de datos:

Para facilitar la selección de los nuevos canales y garantizar la no interferencia entre estaciones, es necesario conocer los parámetros de operación de las estaciones que ya están en operación:

- Coordenadas Geográficas
- Altura del Centro Eléctrico de Radiación
- Potencia Aparente Radiada
- Patrón de Radiación

Actualización de la base de datos con las nuevas estaciones autorizadas para operar en la DTV

Mapas de conductividad y refractividad del terreno

Informar al televidente sobre la transición a TV Digital. Iniciar una campaña para difundir la transición a TV Digital, con la siguiente información:

- Tipo de Receptor necesario para captar señales de TV Digital
- Diferencia entre un receptor digital y uno analógico
- Diferencia entre un televisor de definición estándar y otro de alta definición
- Antenas de recepción
- Preparación del personal técnico de las estaciones de televisión ya que se enfrentará a nuevos paradigmas para comprender la Tecnología Digital: Diagrama de Constelación, Magnitud del Vector de Error (EVM), Relación de Error en la modulación (MER), Margen, Diagramas de ojo, nivel Piloto, Potencia, Máscara de Emisión, Símbolo de Reloj, PSIP, son algunos términos con los que habrá que familiarizarse.
- Proporcionar información y resolver dudas al televidente: ¿Por qué estamos cambiando a la DTV?, ¿Qué es la televisión de alta definición (HDTV por sus siglas en inglés)?, ¿Cuándo se tiene programado completar la transición a la HDTV?, ¿Cómo puedo obtener la señal para la DTV?, ¿Necesito un nuevo televisor? , ¿Cómo es el equipo de la DTV y cuál es su costo? ¿Cuál es la diferencia entre un monitor de DTV y una DTV integrada? ¿Se pueden tener imágenes de HDTV con los monitores de DTV y con la DTV integrada? ¿Por qué no se puede ofrecer la DTV y conservar el sistema de televisión actual?
- Las estaciones deben educar a los televidentes con respecto al término de sus transmisiones analógicas. Las estaciones deben emprender un esfuerzo para informar a la comunidad acerca de la posible fecha de término de las transmisiones de TV analógica. Las estaciones podrían transmitir un programa especial del tópico, junto con otros aspectos especiales de la tecnología HDTV y la digital.
- Educación de DTV para los consumidores a través de pequeños comerciales. La NAB transmitirá 4 “lecciones de DTV” para sus miembros de televisión como parte de sus anuncios publicitarios mensuales. Estos anuncios ofrecen conceptos básicos de DTV de un modo creativo, simple y con un lenguaje que el consumidor pueda entender

5.2.3 PERSPECTIVA DE LA TELEVISIÓN DIGITAL EN MEXICO

Desde el inicio de la década de los noventa se ha desarrollado una intensa actividad para el seguimiento, estudio y evaluación de las nuevas tecnologías digitales para radio y televisión.

Esta labor estuvo caracterizada por un enfoque multidisciplinario con respecto a esta temática, por considerarla inmersa en cuestiones que van más allá de lo estrictamente técnico o de ingeniería en la medida en que las mismas también se relacionan con aspectos sociales, culturales, económicos y de desarrollo de los países. De ahí la importancia de la libertad de expresión y de la radiodifusión privada y libre como instrumento trascendental para el ejercicio de la misma.

Toda nueva tecnología aplicada a las comunicaciones constituye un progreso para la humanidad y por tanto debe ser utilizada para fortalecer la libertad de expresión del pensamiento y la pluralidad de opiniones y medios de comunicación.

La Televisión es probablemente el medio más efectivo de información, educación y entretenimiento para el público en general alrededor del mundo. El receptor de televisión es ciertamente el dispositivo electrónico más popular en todo el mundo, datos recientes de la Unión Internacional de Telecomunicaciones dan un estatus de 1.4 billones de equipos de televisión en el mundo. Para los próximos 10-20 años, se espera que esos 1.4 billones de equipos televisivos analógicos sean reemplazados por equipos digitales, creando un multimillonario negocio anual de dólares para el equipamiento de las transmisoras, computadoras, equipos electrónicos para el consumidor y la industria de semiconductores.

Varias son las razones que justifican el paso a la tecnología digital:

- los nuevos servicios que pueden ofrecer,
- la mejor calidad de video y audio,
- la mayor capacidad de transmisión de datos,
- el mayor número de canales que admite,
- la preservación de los datos en la transmisión de larga distancia,
- la utilización más eficiente del espectro,
- los distintos tipos de datos que pueden transportar las señales.

Para México el diseño de un período de transición del servicio analógico al digital que satisfaga las demandas de las administraciones de los organismos de radiodifusión y de los consumidores, y que a su vez, garantice la integridad de los servicios existentes, no es una tarea sencilla. A pesar de la demanda de servicios de radiodifusión digital existente, los costos financieros para la industria y el consumidor constituyen una de las consideraciones de mayor importancia. Hay confianza en que el marco técnico y de planificación adoptado introduzca la era de la radiodifusión digital, porque proporciona criterios claros, a priori, para la creación de nuevos servicios sin provocar interferencias indebidas en los servicios existentes, ofreciendo al mismo tiempo la flexibilidad necesaria para responder a las nuevas realidades del mercado.

Otro de los retos importantes es promover la actualización tecnológica y la convergencia de servicios en las redes de televisión, es decir, hacer que la televisión deje de ser exclusivamente una caja que despliega programas que nosotros transmitimos como radiodifusores, sino también convertirse en un medio de interacción con el televidente. De esa manera la convergencia digital seguramente va a darse.

Fortalecer la industria de la radiodifusión también es un reto; no hacer que las inversiones lleven a muchas empresas a la quiebra, sino por el contrario, permitir nuevos mecanismos legales y económicos, para que la introducción de la televisión digital represente oportunidades de nuevos negocios para el radiodifusor.

Y por último, otro reto es integrar a México al desarrollo de las oportunidades derivadas de esta nueva tecnología. Si los radiodifusores se quedan en la idea de solamente seguir transmitiendo imágenes con su audio asociado, o en el caso de la radio solamente música y voz, estamos desaprovechando una gran oportunidad para ser efectivamente parte, primero, de la convergencia digital, y segundo, explotar esas nuevas oportunidades de negocio. Hay que recordar que el impacto que tiene una transmisión pública, abierta, que llega directamente desde el centro de transmisión a las casas, sin que el televidente tenga que pagar un centavo, es una excelente oportunidad para, con un poco de talento y tecnología, poder hacer nuevos negocios asociados al negocio principal que todos nosotros manejamos, que es la televisión o la radio.

Toda la gente involucrada en el Comité ha definido cuál va a ser el futuro de México, y ha definido que el propósito principal es ofrecer servicios de televisión abierta con mayor calidad en imagen y variedad en formato y contenidos, incluyendo información, cultura, entretenimiento, etcétera.

Falta evaluar la nueva modificación que se hizo en el estándar ATSC, para permitir recepciones en situaciones móviles y en situaciones con receptores portátiles; falta evaluar la transmisión de servicios adicionales al programa de televisión, servicios de datos complementarios, y una de las aplicaciones más interesantes como es la de la televisión interactiva. También resta evaluar el funcionamiento de los nuevos receptores y sus aplicaciones y cómo llevar a cabo la introducción y la distribución para redes nacionales y repetidoras. Por último, faltan evaluar las transmisiones de baja potencia y coberturas, de tal manera que en algún momento podamos nosotros replicar el área de servicio que al día de hoy tenemos con el servicio análogo.

En nuestras casas cada miembro tiene diferentes intereses. Habrá quien esté interesado en comercio, en software, en entretenimiento puramente, en recepción de señales vía satélite, en finanzas, en información en cómputo, en noticias y en computación. Si queremos contratar o hacer uso de todos estos servicios al día de hoy, necesitamos forzosamente diversos dispositivos especializados para cada una de estas aplicaciones. Lo que nos brinda la convergencia digital, y que vemos por ejemplo en los teléfonos celulares (que ya pueden recibir señales de televisión o podemos chatear desde los mismos), es contar con terminales multifuncionales. Y eso es precisamente lo que se espera de la televisión en el futuro. Independientemente del estándar de que se trate, si hacemos un análisis objetivo, desde el punto de vista técnico, de lo que ofrecen todos los estándares, van enfocados efectivamente a la convergencia digital. En los próximos años que la televisión dejará de ser exclusivamente un dispositivo para desplegar imágenes y nos transforma de televidentes en usuarios interactivos.

El nuevo servicio de Televisión Digital en México concentrará todos los servicios o aplicaciones posibles, que pueden ser video, música, datos, juegos, información, Internet, etc. Todo esto se combina o se "multiplexa", con la señal de televisión y se puede utilizar la distribución vía satélite o vía terrestre, e incluso también por televisión por cable, por Internet, por microondas, etc. El usuario desde su casa podrá, con esa Terminal multifuncional, recibir todos estos servicios concentrados en un solo equipo y tener una cierta retroalimentación o cierta interactividad con el origen mediante el uso del canal de teléfono (como se hace al día de hoy) o algún sistema de televisión por cable, pero también podrá hacerse vía satélite o por radiofrecuencia en alguna banda en especial.

Si no se tomaran las acciones adecuadas, las economías de muchos países en desarrollo se verían afectadas por enfrentar importantes egresos de divisas, para comprar millones de receptores y miles de transmisores. Cuantificando, para Latino América, estamos hablando de cambiar un parque de receptores de aproximadamente 500 millones de receptores de radio y 350 millones de receptores de TV. En términos de dinero, lo anterior significa para nuestros países, un gasto del orden (y digo gasto pero podría decir inversión aunque todavía no está clara esta situación, pues no sabemos si realmente es una inversión a muy largo plazo o un gasto) de los cincuenta mil millones de dólares para radio y trescientos cincuenta mil millones de dólares para TV. Los transmisores y accesorios para radio y TV, pueden representar un monto del orden de los cien mil millones de dólares.

La monitorización del mercado y de las prospecciones de futuro y efectuar un estudio cualitativo de los planes estatales de migración hacia la Televisión Digital nos permitirá determinar el grado de efectividad y desarrollo de las políticas, la convergencia entre éstas y los planes nacionales y el cumplimiento de los calendarios propuestos, extraer conclusiones comparativas que enriquezcan y mejoren el propio proceso de implantación. Existe la posibilidad de exportar soluciones de implantación entre los Estados, adaptándolas a la realidad socio-económica y tecnológica de cada uno.

El Plan de equipamiento doméstico es muy importante. Estudiar las dificultades que los fabricantes han encontrado para introducir los equipos electrónicos relacionados con la Televisión Digital en el mercado. Deberá comprobarse la existencia de una variedad amplia y suficiente de receptores y la existencia o no de medidas públicas de incentivo para su adquisición. Se concretará la aplicación de procesos de homologación y estandarización. También se evaluarán las políticas de precios seguidas, las campañas promocionales o los incentivos a la compra y la coordinación de los agentes del mercado para el lanzamiento de los equipos. Se estudiará el apoyo institucional. También se observarán cuestiones relacionadas con la compatibilidad de los sistemas de acceso condicional y la conectividad de los equipos.

Plan de apoyo a la industria de contenidos. Analizar los planes de inversión llevados a cabo para la renovación de equipos para la producción. Se estudiará la evolución de la producción de contenidos digitales, su distribución y comercialización, identificando los posibles

obstáculos. También será importante considerar cómo se ha afrontado la necesidad de renovar la formación de los profesionales.

Plan contra la piratería. Concreción de las medidas legislativas, tecnológicas, informativas y educativas para hacer frente al acceso y comercialización ilícitos de contenidos digitales.

El ámbito de los usuarios es básico en el proceso de implantación de la Televisión Digital. Sin embargo, hasta el momento, la migración se ha efectuado de espaldas a los usuarios, sin considerar la relevancia de sus necesidades y sus patrones culturales. Se ha sobreestimado la capacidad de atracción de la tecnología y se ha confiado en el incremento de la capacidad de consumo del usuario para generar nuevas vías de ingresos. Se propone una reconsideración del peso de este ámbito en el conjunto de medidas para la implantación de la Televisión Digital. Para su evaluación se detallan las siguientes cuestiones:

- Segmentación de la población según sus actitudes frente a la TVD. Identificar los incentivos y obstáculos que se dan en las fases del proceso de migración para cada grupo definido de usuarios.
- Planes de formación e información sobre la Televisión Digital. Analizar las campañas de formación e información llevadas a cabo por las instituciones públicas y los agentes del sector. Al igual que con las medidas correctoras de las actitudes frente a la Televisión Digital, la comparación de las campañas de información puede conllevar su enriquecimiento y mejora, tanto en contenidos como en estrategias.
- Costes que debe afrontar el usuario. Evaluar como se ha afrontado la inversión económica que tendrán que realizar los usuarios en concepto de instalación, compra de equipos receptores, suscripción a ofertas, uso del canal de retorno. Deben considerarse los incentivos públicos y privados y su complementariedad.
- Evaluación de las estrategias de migración de la televisión de pago. Analizar cuáles han sido las estrategias seguidas por los operadores de pago en analógico para motivar la migración de sus usuarios a la oferta digital. De estas medidas podrán extraerse elementos que serán útiles para fomentar también la transición hacia la oferta digital gratuita.
- Consideración de variables culturales: Deben analizarse también aquellos elementos culturales de cada Estado que puedan condicionar la implantación de la Televisión Digital. En este sentido se considerarán hábitos familiares, hábitos de consumo televisivo (temporadas de programación, horarios, usos, cultura de gratuidad, gasto en ocio televisivo), actitudes frente a la piratería, contenidos más valorados o uso de segundos receptores.
- Estructuras y modelos de cada estado en razón de la riqueza económica y su distribución nacional y por regiones, de las tradiciones culturales, de los modelos regulatorios y, finalmente del impacto de los nuevos medios sobre la comunicación y la cultura.

El desafío fundamental es lograr que se tome conciencia de la inmensa riqueza colectiva que constituye la información de dominio público a nivel mundial, en el contexto de una tendencia generalizada de debilitamiento de la red pública y de los valores filosóficos y éticos a los que está ligada.

Cada uno de los protagonistas de las telecomunicaciones ve el porvenir con una perspectiva matizada por sus intereses. Cada uno de los protagonistas o actores que interactúa en el escenario de las telecomunicaciones, ve el porvenir con una propia perspectiva matizada claramente por su propio status y por los intereses que representa. La llegada de la televisión digital no expresará lo mismo para un operador de redes de fibra óptica que para un fabricante de televisores, ni para un radiodifusor o programador de contenidos, y desde luego es seguro que tenga nada que ver con lo que el resto del público puede considerar un adelanto en la técnica audiovisual.

Los operadores de cable, por ejemplo, están mentalizados que en su negocio particular el paso hacia delante es aquella innovación que les posibilite un crecimiento cuantitativo de número de canales y servicios aumentando su oferta y siempre con una mirada puesta en la optimización de beneficios y la reducción de costes, tanto en la producción como en la distribución.

Las compañías que producen receptores de televisión saben que caminar con paso firme por el mercado sólo será posible cuando, por las razones cualesquiera que concurran, relación de aspecto, tamaño, mayor definición de imagen, mejor calidad en el sonido, mayores prestaciones, etc., los consumidores se verán atraídos o incluso “obligados” a la sustitución de su antiguo televisor por una nueva generación de aparatos. Esto llevará ineludiblemente a que los fabricantes de televisores rentabilicen sus inversiones en investigación, producción y distribución.

Los programadores o radiodifusores ven como la introducción de nuevas tecnologías en las transmisiones televisivas pueden captar más la atención de audiencias y por ello ganar en competitividad y calidad respecto a sus acompañantes de negocio.

Todas estas puntualizaciones convergen en una sola dirección: intentar ofrecer al ciudadano algo mucho mejor que hasta la fecha teníamos para que el progreso sea un hecho y no sólo una declaración de buenos principios.

Los avances tecnológicos influyen inexorablemente en la concepción de todo tipo de nuevos servicios que se pueden poner en circulación, afectando a la mayoría de sus aspectos más notables como pueden ser la competencia, el fácil o difícil acceso al público, la financiación, etc.

Las cadenas de televisión públicas o privadas deben estar constantemente atentas a la evolución impredecible de la tecnología para que puedan colmar mejor sus aspiraciones, ya estén encaminadas a dar un mejor servicio público o al incremento de sus ingresos por vías como la publicidad, el patrocinio, etc.

Aunque las distancias entre operadores, programadores, y usuarios sea considerable, es difícil no ponerse de acuerdo en una cuestión esencial, desde hace ya más de una década, estamos viviendo la fase embrionaria de una nueva revolución en el universo audiovisual, en puertas de un nuevo y apasionante periodo nacido por todas las implicaciones que conlleva la digitalización de las señales de televisión y de otros servicios multimedia.

Considerando los casos nacionales presentados y los procesos acaecidos en los últimos años sobre los sistemas de comunicaciones de los principales países latinoamericanos, podemos reconocer tendencias orientadas hacia la concreción del circuito digital de televisión en la región, manifiesta en la adopción de la norma de TDT. En este sentido es posible destacar:

- *Los límites de las estrategias internacionales de los grupos latinoamericanos.* Los principales grupos de la región se han posicionado en el servicio de televisión satelital directa al hogar (TDH), cuyas dos plataformas con presencia en la región integran el consorcio estadounidense ATSC. Si bien aparecen como avances en la regionalización e internacionalización de los productores audiovisuales de los grupos más sólidos (Cisneros, Televisa u O Globo), éstos son sometidos a la apertura hacia el capital internacional en los sistemas regulatorios en cada territorio nacional. La baja penetración del servicio de TDH y su frágil rentabilidad puede derivar en reversibilidad de las conformaciones societarias a favor de las empresas transnacionales de mayor envergadura. Por otra parte, sólo tres organizaciones nacionales de radiodifusión son miembros activos del ATSC: *Televisa* y *TV UNAM* y *Artear* (Grupo Clarín), de Argentina.

En las últimas décadas el desarrollo tecnológico ha tenido un crecimiento exponencial. Con el surgimiento de nuevas tecnologías, la televisión ofrece nuevas expectativas de servicio debido a la creciente competencia que buscan mejorar la calidad de imagen y la disponibilidad de programación con diversidad de contenido. La tecnología de la Televisión Digital permite

alcanzar estos objetivos mediante una codificación de fuente más flexible, mejorando el uso del espectro. La flexibilidad en la codificación de fuente permite una escalabilidad en las características de la señal de video y la tasa de transmisión. La codificación de canal utiliza técnicas de corrección de errores y esquemas de modulación digital.

A lo largo del desarrollo de esta tesis, el análisis de la introducción de servicios de televisión digital muestra como se han abierto muchas vistas nuevas. Una de ellas es la habilidad de incluir datos en el flujo de transmisión de la DTV a lo largo del video y el audio. Esta habilidad puede ser usada para proveer una experiencia mejorada al televidente (televisión interactiva), y puede ser usada para entregar datos para aplicaciones que no tienen conexión directa a la programación de televisión.

Una importante mejora en la interactividad de la televisión son sus nuevos receptores que ofrecen estados reales y elevadas resoluciones gráficas, para transmisión al aire, satélite y cable, los operadores se han dado cuenta que es una oportunidad de servicio suplementario para el audio/video con nuevos tipos de interactividad y mejora en los servicios de datos.

El sistema de televisión analógica tiene limitaciones de calidad fundamentales las cuales con el movimiento al sistema de transmisión digital se han habilitado significables incrementos en el desempeño, calidad y un amplio rango de servicios, además de la habilidad de proveer imágenes de alta definición con elevada calidad de audio con sonido envolvente, cualidades que son esenciales para el futuro de la televisión.

Un importante elemento del sistema del Comité de Sistemas de Televisión Avanzada (ATSC) es la flexibilidad de expandir sus funciones por medio de la construcción de fundamentos técnicos especificados en sus estándares como el Estándar de Televisión Digital (ATSC) A/53 y el Estándar de Compresión de Audio Digital (AC-3) A/52.

Los nuevos soportes aplicados a la televisión digital, suponen una gran oportunidad para la expansión de la cultura y la información a sectores sociales e internacionales que antes carecían de ella. En muchos casos, la expansión de las nuevas televisiones supone costes añadidos para el consumidor en la conexión, en los equipos e incluso en el pago permanente de la conexión como en Internet. Además, en algunos países se ha optado por dar prioridad a ofertas de pago que, junto a resultar discriminatorias socialmente, supondrán seguramente también un notable retraso de su expansión a toda la sociedad (y por ende, de su generación de nuevos contenidos).

La exclusión, además de ser un problema económico grave para los diferentes mercados implicados (el de la electrónica de consumo, el publicitario, el de contenidos) es por encima de todo el mayor riesgo del futuro y no sólo por lo que encierra de injusticia, sino por su atentado contra la cohesión social y, en última instancia, contra la igualdad de oportunidades que fundamenta la existencia misma de la democracia.

La nueva televisión digital encierra la promesa de un impulso decisivo a la creación propia, local o regional, en el seno de una enorme expansión del abanico de la oferta audiovisual. Pero lo que hoy vemos en la televisión digital, de pago en especial, son enormes recursos dedicados a la ficción estadounidense y las exclusivas deportivas mientras que resultan irrisorios los recursos destinados a la creación propia y local.

La diversidad implica una industria audiovisual mexicana creativa con identidad, asentada en un tejido industrial sólido, pero esta sólo podrá conseguirse en una cooperación cada vez más estrecha con otras muchas culturas internacionales, en relaciones de intercambio horizontal que permitan también la expansión de los productos mexicanos en el mercado mundial.

La existencia de un sector audiovisual público potente y moderno garantiza al ciudadano una libertad de elección, participa en la cohesión de la sociedad, y ejerce por otra parte una sana presión competitiva sobre el sector privado. Promover la diversidad cultural, llama a favor de la oferta de programas gratuitos de fuerte valor añadido y calidad de servicio.

Se analizó la situación de México ante la llegada de la televisión digital, a través del Comité consultivo en Tecnologías Digitales, el cual fijó ciertos retos dentro del proceso de análisis y evaluación de las diferentes tecnologías, evaluando los 4 principales aspectos para la televisión digital: el aspecto técnico, legal, social (es uno de los más importantes, por el impacto que tiene una decisión gubernamental de adoptar tal o cual estándar), el aspecto económico. Además estableció planes de evaluación y prueba de los diferentes estándares de televisión digital disponibles al día de hoy: el de ATSC de Estados Unidos, DVB de Europa e ISDB de Japón. Se tomaron en cuenta las evaluaciones significativas de los diferentes países, incluyendo especialmente el caso de Brasil, Estados Unidos; se realizaron visitas a Europa y Japón. Se realizaron transmisiones experimentales, asignándoles a los dos radiodifusores más grandes de México un canal experimental a cada uno. Estas evaluaciones se realizaron principalmente desde el punto de vista técnico y se entregaron reportes del comportamiento de los equipos funcionando bajo los tres estándares a la Secretaría de Comunicaciones y Transporte. Por último, el Comité tuvo como objetivo fundamental el emitir una Recomendación al Secretario de Comunicaciones y Transportes, que dictaminó cuál sería el tipo de estándar a utilizar (ATSC), y cuál sería la política para la introducción de los servicios digitales en México.

El estándar es el A53 de ATSC y se asegura un canal adicional de 6 MHz por cada servicio análogo existente. Se puede transmitir alta definición, definición estándar, pero lo más importante es que se incluye el concepto de transmisión de datos, abriendo así el camino para la convergencia digital.

El diseño del documento, considera todos los aspectos para que la transición se dé de manera efectiva. En ningún momento se define cuándo termina la televisión análoga, eso será decidido, en el año 2018 o 2020, y depende de muchos factores, no solamente de la penetración de los receptores.

Para finalizar este análisis puedo decir que una de las principales consecuencias de la transición digital es la desaparición de fronteras tradicionales. Con nuevos modelos de negocios, se borran las fronteras entre medios impresos y electrónicos (multimedia), y entre modalidades de televisión (abierta y por suscripción). A su vez, las fronteras entre las industrias de computadoras y de televisores también se están desvaneciendo.

Si bien todas las mencionadas tecnologías ya existen y muchas de ellas se están aplicando comercialmente, el cambio total a la DTV terrestre no será sencillo ni barato.

Nadie sabe si las computadoras y otros dispositivos lograrán arrebatarse al televisor su lugar central en la sociedad de la información, pero es un hecho que, ante la aplicación viable de la computación distribuida inalámbrica y todos estos nuevos servicios, ya estamos frente a la transformación radical de la producción y la distribución televisiva.

VI CONCLUSIONES

En las últimas décadas el desarrollo tecnológico ha tenido un crecimiento exponencial. Con el surgimiento de nuevas tecnologías, la televisión ofrece nuevas expectativas de servicio debido a la creciente competencia que buscan mejorar la calidad de imagen y la disponibilidad de programación con diversidad de contenido. La tecnología de la Televisión Digital permite alcanzar estos objetivos mediante una codificación de fuente más flexible, mejorando el uso del espectro. La flexibilidad en la codificación de fuente permite una escalabilidad en las características de la señal de video y la tasa de transmisión. La codificación de canal utiliza técnicas de corrección de errores y esquemas de modulación digital.

A lo largo del desarrollo de esta tesis, el análisis de la introducción de servicios de televisión digital muestra como se han abierto muchas vistas nuevas. Una de ellas es la habilidad de incluir datos en el flujo de transmisión de la DTV a lo largo del video y el audio. Esta habilidad puede ser usada para proveer una experiencia mejorada al televidente (televisión interactiva), y puede ser usada para entregar datos para aplicaciones que no tienen conexión directa a la programación de televisión.

Una importante mejora en la interactividad de la televisión son sus nuevos receptores que ofrecen estados reales y elevadas resoluciones gráficas, para transmisión al aire, satélite y cable, los operadores se han dado cuenta que es una oportunidad de servicio suplementario para el audio/video con nuevos tipos de interactividad y mejora en los servicios de datos.

El sistema de televisión analógica tiene limitaciones de calidad fundamentales las cuales con el movimiento al sistema de transmisión digital se han habilitado significables incrementos en el desempeño, calidad y un amplio rango de servicios, además de la habilidad de proveer imágenes de alta definición con elevada calidad de audio con sonido envolvente, cualidades que son esenciales para el futuro de la televisión.

Un importante elemento del sistema del Comité de Sistemas de Televisión Avanzada (ATSC) es la flexibilidad de expandir sus funciones por medio de la construcción de fundamentos técnicos especificados en sus estándares como el Estándar de Televisión Digital (ATSC) A/53 y el Estándar de Compresión de Audio Digital (AC-3) A/52.

Los nuevos soportes aplicados a la televisión digital, suponen una gran oportunidad para la expansión de la cultura y la información a sectores sociales e internacionales que antes carecían de ella. En muchos casos, la expansión de las nuevas televisiones supone costes añadidos para el consumidor en la conexión, en los equipos e incluso en el pago permanente de la conexión como en Internet. Además, en algunos países se ha optado por dar prioridad a ofertas de pago que, junto a resultar discriminatorias socialmente, supondrán seguramente también un notable retraso de su expansión a toda la sociedad (y por ende, de su generación de nuevos contenidos).

La exclusión, además de ser un problema económico grave para los diferentes mercados implicados (el de la electrónica de consumo, el publicitario, el de contenidos) es por encima de todo el mayor riesgo del futuro y no sólo por lo que encierra de injusticia, sino por su atentado contra la cohesión social y, en última instancia, contra la igualdad de oportunidades que fundamenta la existencia misma de la democracia.

La nueva televisión digital encierra la promesa de un impulso decisivo a la creación propia, local o regional, en el seno de una enorme expansión del abanico de la oferta audiovisual. Pero lo que hoy vemos en la televisión digital, de pago en especial, son enormes recursos dedicados a la ficción estadounidense y las exclusivas deportivas mientras que resultan irrisorios los recursos destinados a la creación propia y local.

La diversidad implica una industria audiovisual mexicana creativa con identidad, asentada en un tejido industrial sólido, pero esta sólo podrá conseguirse en una cooperación cada vez más estrecha con otras muchas culturas internacionales, en relaciones de intercambio horizontal que permitan también la expansión de los productos mexicanos en el mercado mundial.

La existencia de un sector audiovisual público potente y moderno garantiza al ciudadano una libertad de elección, participa en la cohesión de la sociedad, y ejerce por otra parte una sana presión competitiva sobre el sector privado. Promover la diversidad cultural, llama a favor de la oferta de programas gratuitos de fuerte valor añadido y calidad de servicio.

Se analizó la situación de México ante la llegada de la televisión digital, a través del Comité consultivo en Tecnologías Digitales, el cual fijó ciertos retos dentro del proceso de análisis y evaluación de las diferentes tecnologías, evaluando los 4 principales aspectos para la televisión digital: el aspecto técnico, legal, social (es uno de los más importantes, por el impacto que tiene una decisión gubernamental de adoptar tal o cual estándar), el aspecto económico. Además estableció planes de evaluación y prueba de los diferentes estándares de televisión digital disponibles al día de hoy: el de ATSC de Estados Unidos, DVB de Europa e ISDB de Japón. Se tomaron en cuenta las evaluaciones significativas de los diferentes países, incluyendo especialmente el caso de Brasil, Estados Unidos; se realizaron visitas a Europa y Japón. Se realizaron transmisiones experimentales, asignándoles a los dos radiodifusores más grandes de México un canal experimental a cada uno. Estas evaluaciones se realizaron principalmente desde el punto de vista técnico y se entregaron reportes del comportamiento de los equipos funcionando bajo los tres estándares a la Secretaría de Comunicaciones y Transporte. Por último, el Comité tuvo como objetivo fundamental el emitir una Recomendación al Secretario de Comunicaciones y Transportes, que dictaminó cuál sería el tipo de estándar a utilizar (ATSC), y cuál sería la política para la introducción de los servicios digitales en México.

El estándar es el A53 de ATSC y se asegura un canal adicional de 6 MHz por cada servicio análogo existente. Se puede transmitir alta definición, definición estándar, pero lo más importante es que se incluye el concepto de transmisión de datos, abriendo así el camino para la convergencia digital.

El diseño del documento, considera todos los aspectos para que la transición se dé de manera efectiva. En ningún momento se define cuándo termina la televisión análoga, eso será decidido, en el año 2018 o 2020, y depende de muchos factores, no solamente de la penetración de los receptores.

Para finalizar este análisis puedo decir que una de las principales consecuencias de la transición digital es la desaparición de fronteras tradicionales. Con nuevos modelos de negocios, se borran las fronteras entre medios impresos y electrónicos (multimedia), y entre modalidades de televisión (abierta y por suscripción). A su vez, las fronteras entre las industrias de computadoras y de televisores también se están desvaneciendo.

Si bien todas las mencionadas tecnologías ya existen y muchas de ellas se están aplicando comercialmente, el cambio total a la DTV terrestre no será sencillo ni barato.

Nadie sabe si las computadoras y otros dispositivos lograrán arrebatarle al televisor su lugar central en la sociedad de la información, pero es un hecho que, ante la aplicación viable de la computación distribuida inalámbrica y todos estos nuevos servicios, ya estamos frente a la transformación radical de la producción y la distribución televisiva.

VII Bibliografía

Advanced Television Systems Committee
<http://www.atsc.org>

Grupo de trabajo de investigación en Televisión Digital http://enlinea.cuaed.unam.mx/tv_digital,

Dolby Laboratoires
<http://www.dolby.com/tech/entirmpc.html>

Federal Communications Committee
<http://www.fcc.gov>

ATSC Standard: Digital television Standard (A/53), revision D, Washington, D.C., Jul 2005.

Information technology – Generic coding of moving pictures and associated audio compression Standard (AC-3, E-AC-3), revision B, ATSC Document A/52B, Washington, D.C., 14 Jun 2005

T. Sikora, "Trends and perspectives in image and video coding", Proc. IEEE, Jan 2005.

Moving Pictures Expert Group
<http://www.mpeg.org>

Foro Nacional, Transición de la Radiodifusión Analógica a Digital, Santo Domingo, Rep Dominicana – Agosto 5, 2005

Becerra, Martín y Mastrini, Guillermo: "50 años de concentración de medios en América Latina: del patriarcado artesanal a la valorización en escala", mimeo, Buenos Aires, 2002.

CPqD – Centro de Pesquisa y Desenvolvimento em Telecomunicações, Brasil
www.cpqd.com.br

Australia
<http://happy.emu.id.au/lab/tut/dttb/dttbtuti.htm>

Beinstein, J.: "La declinación de la economía global: De la postergación global de la crisis a la crisis general de la globalización", ponencia presentada en el *Encuentro Internacional sobre Globalización y Problemas del Desarrollo*, Asociación de Economistas de América Latina y el Caribe, La Habana (Cuba) enero de 1999.

Bernier, I.: "Análisis Comparativo de los Tratados de Libre Comercio Chile-EEUU y Singapur-EEUU, con un enfoque particular en su impacto sobre el sector cultural", en:
<http://www.mcc.gouv.qc.ca/international/diversite-culturelle/esp/pdf/cronica03-04.pdf>

Bustamante, E.: *La televisión económica. Financiación, estrategias y mercados*, Gedisa, Barcelona, 1999.

Crovi, D.: "Las industrias audiovisuales de México a partir del TLC. Una lectura desde la perspectiva del Proyecto Monarca", *Razón y Palabra*, Núm. 19, octubre de 2000.

Fidler, R.: *Comprender los nuevos medios*, Ediciones Granica, Buenos Aires, 1998.

Galperin, H.: "Comunicación e integración en la era digital. La transición hacia la televisión digital en Brasil y Argentina", revista *Telos*, N° 55, Madrid, 2003.

Hernández Lomeli, F.: "Televisión nacional y fórmulas globales de propiedad", ponencia presentada en el Grupo de Trabajo de Economía Política de la Comunicación del *VI Congreso de la Asociación Latinoamericana de Investigadores de la Comunicación (ALAIIC)*, junio 2002.

Modelo y agentes de la televisión digital

<http://www.gtic.ssr.upm.es/soci/regulaci/tvdigital/modtvdigit.htm#osac>

Seminario de imagen y sonido

<http://pub.ufasta.edu.ar/SISD/mpeg/multiplexacion.htm>

Slotted Cylinder Antenna Design considerations for DTV by E.Mayberry

<http://www.dielectric.com/broadcast/slotted.asp>

High Definition Television

<http://www.hdpictures.com/hdtv.htm>

Introducción a la codificación de audio natural a bajas tasas binarias de MPEG-1 A MPEG-4

http://www.gts.tsc.uvigo.es/audio/pubs/URSI2001_ext.pdf

Introducción a la Radio y Televisión digitales

<http://www.kinoki.org/tecnicaaudiovisual/television/radiotelevisiondigital.htm>

Communications Lab Tutorials on Digital TV, Digital Radio and Television

<http://happy.emu.id.au/lab/tut/index.html>

Transmission Measurement and Compliance for Digital Television ATSC Standar Revision A

http://www.atsc.org/standards/a_64a.pdf

Digital Television.com

<http://www.digitaltelevision.com/publish/index.shtml>

Norma ISO de codificación de contenidos audiovisuales

<http://greco.dit.upm.es/~david/TAR/trabajos2002/09-MPEG-Carlos-Mollat.pdf#search='MPEG2'>

DTV Terrestre para Argentina y Latinoamérica

<http://www.paginadigital.com/download/TVD-Terrestre-Argentina-IngGuidobono.pdf#search='psip'>

Televisión Digital: el sueño se torna accesible, por José Ignacio Aguirre

<http://www.ust.cl/medios/downloads/Aguirre.pdf#search='perspectiva%20de%20la%20Televisi%C3%B3n%20Digital'>

Destination Digital TV

<http://www.nab.org/Newsroom/Issues/digitaltv/DDTV/default.asp>

TV Technology.com

<http://www.digitaltelevision.com/mondaymemo/mlist/>

Las conclusiones del foro CITEL

<http://www.rt-a.com/73/20-73.htm>

