



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA
DE MÉXICO**

**FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES
"ARAGÓN"**

**"IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA
DE HDTV ABIERTO EN MÉXICO"**

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE :
INGENIERO MECÁNICO ELÉCTRICO
ÁREA: ELÉCTRICA - ELECTRÓNICA
P R E S E N T A :
MANUEL ALEJANDRO SOTO RAMOS

DIRECTOR DE TESIS:
ING. JOSÉ LUIS PÉREZ BAEZ

MÉXICO

2005

0351084



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 mis padres que me regalaron lo mas maravilloso que existe en este mundo.....
La vida y su amor.

Por ser mi maestro, guía, ejemplo, cómplice, motivador y todas las cosas que es imposible describir; Por ser mi amigo y confiar en mí, por los momentos que me regalas de tu tiempo aun cuando ya es de madrugada, por todo el cariño que me has dado, espero darte muchos momentos de satisfacción como este, es la única forma en que puedo devolver lo que tu haces por mi *Papá*.

Por preocuparte siempre, por tus regaños y caricias, por alentarme y brindarme un hogar lleno de amor, por darme consejos y ser una persona triunfadora que trabaja cada día por su familia, por los días que nos hacías falta y no te teníamos cerca; gracias *Mamá*.

A *Faby* por ser mi hermanita y compartir muchos años de travesuras y juegos, a *Dany* por su buen humor en cualquier momento (aun en los peores), a *Giovanni* por su ejemplo de esfuerzo y actitud, a *Luis* por ser parte de un nuevo cielo dentro de nuestra vidas; a todos les agradezco la infinidad de veces que me han ayudado. Se que siempre estaremos juntos por encima de las diferencias que lleguemos a tener.

Por la cantidad interminable de veces que interrumpiste mi trabajo para compartir tu tiempo conmigo. Porque tu llegada a nuestra familia le dio un giro a nuestras vidas, trajiste la tranquilidad y armonía de regreso, llenas de color y vida la casa con tus risas, por todas las veces que subiste las escaleras para abrazarme y hacer que renovara las ideas plasmadas en este trabajo, te quiero muchísimo *Chino*.

A la *ENEP Aragón*, los profesores y compañeros que hicieron que mi estancia en este recinto fuera un motivo mas para sentirme orgulloso de ser Universitario y terminar mis estudios.

A *Daniel* y *Julio* por invitarme a ser parte de aquel grupo de jugadores que con mucho orgullo represento a la Escuela en diversos torneos.
A *Jorge, Lagos, Memo, Aimé* y todos los demás compañeros de esta maravillosa etapa deportiva.

A mis "hermanos" los *Chuchos*, porque, de no ser por ustedes hubiera abandonado el sueño de terminar esta carrera. Por estar apoyándome cuando todo parecía imposible de realizar, por sus consejos, risas, viajes y aventuras. Por haberme invitado a ser parte de esta hermandad, por ganar esos dos campeonatos y por todos los partidos que perdimos.

De forma especial, por aquel día en que me salvaron de cometer un error hubiera evitado que estuviera donde hoy estoy y ser lo que soy, *por aquel viaje a Puebla*, les estaré siempre agradecido.

Por escucharme siempre, acompañarme en las etapas difíciles, por brindarme un buen consejo, hacerme poner siempre los pies en la tierra, enseñarme el valor de las cosas y de las personas, por crecer junto a mi, por jugar conmigo y por hacerme ver siempre mis errores sin maquillaje; por buscar lo mejor para mi y ser ese tipo de persona que me hace sentir seguro de tener un buen amigo, gracias *Compaigre*.

Por ser siempre mi mejor competencia y mi amigo, no cabe duda que encuentras a las personas correctas en los momentos adecuados, siempre competiremos y nunca nos gustara vernos uno abajo del otro, lo se, pero sabes que siempre que necesites algo puedes contar conmigo. Nunca ocuparás el lugar de otra persona, pero tu amistad es tan grande que me faltaría una parte de esta vida si no te hubiera conocido, por ser mi reto y amigo incondicional. *Cris*, espero que leas esto y entonces sepas que "me debes algo".

A *Ramón* por ser una persona sincera y que apoya a sus amigos, a *Omar* por sus momentos de diversión y hacerme sentir una persona que puede ayudar a los demás, a *Rodrigo*, al *Oso* por quitarle lo aburrido al trabajo y hacer ligera la vida, por ayudarme a superar los miedos y colaborar en el encuentro de esa persona tan especial en mi vida.

A *Marco Antonio Fragozo Olvera*, mi papí, por los años de amistad y ser siempre alguien que me apoya en lo que me propongo, por tu forma de enseñarme tantas cosas de esta vida, por ser como un hermano mayor para mi, gracias por incluirme en tu familia, que Dios te cuide siempre y tengas la felicidad junto a *Faby*. Por cierto, Felicidades por el *bebe*.

A la familia Rosendez Galicia, por brindarme su confianza, ser un apoyo cuando mas lo necesitaba, por brindarme un refugio durante la tormenta.

A la *Sra. Catalina, Rocio, Erendira, Abel, Jonatan* y *Lalo* les deseo lo mejor de esta vida.

No siempre las cosas resultan como uno planea, siempre serás muy importante para mi, no seria la mitad de lo que ahora soy si no hubieras estado conmigo; gracias por todo el tiempo que compartimos, por las palabras de aliento siempre que me tropezaba, por hacerme disfrutar de las cosas simples de la vida. Por enseñarme a ser millonario sin oro, algo que no siempre se consigue *sirena*.

Por ser siempre mi amiga, por confiar en mi y quererme tanto, eres una niña tan linda que a veces sorprende con lo que puede llegar a hacer, por enseñarme que no siempre puedes tenerlo todo y dejarme estar cerca en los momentos difíciles, por la etapa que valió la pena arriesgarlo todo, porque algunas veces las verdades duelen pero te hacen crecer y ser una mejor persona. Gracias *Pao*.

Casi 10 años de camino juntos con altibajos, diferencias y promesas que regularmente hemos cumplido. No siempre será así, tendremos caminos separados pero quisiera contar contigo si algún día lo necesito, cuidate y mucha suerte *David*.

A los Ingenieros de CONTEL: *Fer, Luis y Juan* por todos los conocimientos que me proporcionaron, de no ser por ustedes este trabajo estaría inconcluso. Son una fuente de inspiración y ejemplo de trabajo constante.

A mis sinodales que representan una parte importante de mi formación académica y de desarrollo personal, sus consejos hicieron de este trabajo un proyecto digno de ser evaluado para mi titulación. A los ingenieros *Juan Gastaldi, Adrián Paredes, José Luis García, Enrique García y José Pérez Báez* no tengo como agradecerles que colaboraran en la revisión de este material.

A mi asesor *José Luis Pérez Báez* le agradezco el darme una nueva oportunidad de trabajar en el proyecto de titulación, a pesar de todas las dificultades para realizarlo. Es un ejemplo de sencillez profesionalismo y dedicación, gracias por los consejos y el apoyo que me brindo durante estos 2 años de trabajo.

A mis amigos del CONA, los profesores *Ángeles, Silver, Mónica, Sonia, Raúl, Paty y Neta* por hacerme la estancia dentro del trabajo muy divertida, por sus consejos, apoyo, bromas y por dejarme ser parte de ese grupo.

A todos *mis niños*, siempre me motivaron a crecer como persona, no seré el mejor profesor que tengan, pero nunca dejare de intentarlo. Gracias por todas las muestras de afecto que me han brindado desde mi llegada al plantel, me permitieron compartir conocimientos con ustedes y espero haberlos motivado a ser mejores cada día.

A *Paty* por acompañarme en el camino de este trabajo, hubiera terminado muchísimo tiempo después sin tu ayuda, gracias por doblegar mi obsesión de hacerlo todo y hacerme ver mis errores, por hacer de un instante común algo especial.... cuando puedo compartirlo contigo.

Si pudiera escribir el nombre de todas las personas que han colaborado a que presente este trabajo necesitaría bastantes hojas, si debiera agradecer a todas las personas que me han apoyado, enseñado y acompañado hasta el día de hoy; ocuparía mas hojas que las de esta tesis; por esta razón, les estoy agradecido por su aportación a la realización de mis metas y les pido una disculpa, ya que sin ser menos importantes omití su nombre.

INDICE

INTRODUCCION

ANTECEDENTES

Capitulo 1 "Conceptos básicos de Televisión "

Página.

1.1 Sistemas de comunicaciones	1
1.1.1 Elementos básicos de los sistemas de comunicación	1
1.1.2 Modulaciones analógicas	3
A) Modulación en amplitud	5
B) Modulación en frecuencia	5
C) Modulación en fase	5
1.1.3 Modulaciones digitales	5
A) Modulación ASK	5
B) Modulación FSK	6
C) Modulación PSK	7
1.1.4 Canal de transmisión	8
A) Pérdidas o atenuaciones de la señal	9
1.2 Antecedentes históricos de la televisión	9
1.2.1 Historia de la Televisión	10
1.2.2 La televisión en el Mundo	12
A) El sistema NTSC	12
B) El sistema SECAM	14
C) El sistema PAL	16
D) Mapa del mundo según el estándar de color analógico adoptado.....	17
1.2.3 La televisión en nuestro país	18
1.3 Características eléctricas de las señales de Televisión comercial monocromática	20
1.3.1 La señal de video monocromática	20
1.3.2 Asignación de frecuencias y canales para la radiodifusión de TV	21
1.3.3 Cuadro Nacional de atribución de frecuencias México 1999 (COFETEL).....	22
1.4 Generación de imagen en el receptor de TV	22
1.4.1 Luminancia	23
1.4.2 Exploración de la pantalla	24
1.4.3 Forma de onda de exploración horizontal	26
1.4.4 Forma de onda de exploración vertical	27
1.4.5 Exploración completa de la pantalla	28
1.4.6 Pulsos de sincronización	29
1.4.7 La señal de video compuesta	29

	<i>Página.</i>
1.4.8 Pulsos de blanqueo	30
1.4.9 Señal de video compuesta en Radiofrecuencia.....	32

Capítulo 2 “Sistemas de Televisión a Color en México“

2.1 Transmisión a color	35
2.1.1 Teoría del color	35
A) Luz visible	35
B) Colores primarios	36
C) Colores complementarios	37
D) El triángulo de color	38
2.2 Las señales de Televisión bajo el estándar NTSC	39
2.2.1 Ancho de banda	39
2.2.2 Exploración de la pantalla	40
A) Sincronía horizontal	41
B) Sincronía vertical	41
C) Las unidades IRE	41
D) Frecuencia de línea	42
E) Frecuencia de campo.....	42
2.2.3 Principios de la transmisión	42
A) Codificación de color	43
B) Entrelazado de frecuencias	46
C) La señal de color compuesta	47
D) Transmisión de sonido	48
E) Sistemas audiovisuales o el audio en Televisión	51
F) los sistemas de sonido multicanal	51
2.2.4 Parámetros de transmisión a color para NTSC	52
2.3 Receptores de Televisión a color	53
2.3.1 Decodificación de color	54
2.3.2 Tubos de imagen de Televisión	55
A) Tubos de receptores a color	56
B) La máscara de sombra para TRC con cañón en Delta	57
C) El Tubo de color con cañones en línea	57
D) Ajustes del tubo de color	59
E) Mejoras a los receptores de TV.....	59
2.4 Instrumentos de medición de parámetros eléctricos de la señal de TV:	62
2.4.1 Receptores de TV de frecuencia intermedia	62
A) Monitor	62
2.4.2 Monitor Forma de Onda	63
2.4.3 Generador de señales patrón de video	65
A) Generador de señales de prueba	65

	<i>Página.</i>
B) Señal estándar de Barras de color.....	65
2.4.4 Monitor de color (Vectorescopio)	67
2.4.5 Monitor de Audio (Vúmetro)	68
2.5 Situación actual de los sistemas de Televisión en México	69
2.5.1 Televisión Abierta	69
2.5.2 Televisión Restringida	71

Capítulo 3 “Sistemas de HDTV existentes”

3.1 Televisión Digital	75
3.1.1 Sistemas Digitales	75
A) Producción de programas	75
B) Transmisión	75
C) Difusión	75
3.1.2 Formato en componentes	76
3.1.3 Frecuencia de muestreo.....	76
A) Recomendación ITU-R 601	77
B) Muestreo	77
3.1.4 Margen dinámico	77
3.1.5 Niveles de cuantificación	77
3.1.6 Compresión de la señal de TV	78
A) Codificación MPEG para video digital.....	78
B) Compresión MPEG para video digital.....	80
3.1.7 Compensación de movimiento	83
A) Codificación Entrópica	83
B) Acceso aleatorio	83
C) El codificador MPEG de movimiento	85
D) El decodificador MPEG de movimiento	86
3.1.8 Digitalización de la señal de audio	87
A) MPEG de audio	87
B) El codificador de audio MPEG	89
C) El decodificador de audio MPEG	90
D) Dolby Surround	90
E) Servicios adicionales	92
3.2 Concepto de HDTV	92
3.2.1 Características de una imagen de HDTV	92
A) Resolución	92
B) Formato de imagen	92
C) Distancia de observación	93
D) Calidad de imagen	93
3.2.2 Visión Foveal y visión periférica	94
3.2.3 Resoluciones en Teledifusión Digital	95

	<i>Página</i>
A) Exploraciones	95
3.2.4 Estándares de HDTV.....	96
3.2.5.-Aplicaciones de la Televisión Digital.....	98
A) Televisión Digital en Centros de Producción	98
B) Sistemas de Televisión Digital Terrestre	98
C) Televisión Interactiva	98
D) Redes de Frecuencia Única (SFN)	99
E) Servicio portable y móvil de Televisión y Datos	99
F) Televisión Digital por Satélite	99
G) Televisión Digital por Cable	99
H) Cinematografía Digital	99
3.3 El estándar Japonés	101
3.3.1 Desarrollo de la TVAD en Japón.....	101
A) Sistema MUSE	101
3.3.2 El estándar ISDB-T	102
3.3.3 El entorno de la Especificación para ISDB-T.....	103
3.3.4 Bases de ISDB-T	103
3.3.5 Transmisión jerárquica.	104
A) Recepción parcial	104
B) Multiplexión para la transmisión jerárquica.....	104
3.3.6 Parámetros de la transmisión (ISDB-T para 6 MHz)	105
3.3.7 Multiplexión	106
A) Multiplexión de una trama.	106
3.3.8 Señales de control de MPEG-2.	106
3.3.9 Codificación del canal.....	107
A) Ajuste del tiempo de retraso.	107
3.3.10 Modulación.	108
A) Modulación DQPSK	108
B) Modulación QPSK	108
C) Modulación 16-QAM.....	109
D) Modulación 64-QAM.	109
3.3.11 Segmento de datos.	110
3.3.12 Frecuencia de entrelazado.	111
3.3.13 Control y configuración de la transmisión	111
3.3.14 Canal auxiliar	112
3.3.15 Sistema de recepción.	112
3.4 El estándar Europeo	115
3.4.1 Desarrollo de la TVAD en Europa.....	115
A) TVAD compatible utilizando el sistema MAC.....	115
B) Compatibilidad entre los sistemas HD-MAC, MAC y PAL/SECAM	115
C) Programa Eureka-95	116
D) Programa Eureka-256.....	117

	<i>Página</i>
3.4.2. Digital Video Broadcasting. DVB.....	118
A) Fundación del proyecto DVB.....	118
B) Fundamentos de DVB.....	118
C) Especificaciones de la Norma DVB-T.....	119
3.4.3. Sistema Básico	120
A) Consideraciones generales.....	120
B) Interfaces de unión.....	120
3.4.4. Codificación y modulación del canal.....	122
A) Transporte, adaptación y multiplexión para la dispersión de energía..	122
B) Codificador exterior y entrelazado exterior.....	122
C) Codificador interno.....	123
D) Entrelazado interno.....	124
E) Entrelazado de símbolos.....	125
F) Constelaciones de la señal.....	126
3.4.5. Modulación OFDM.....	128
A) Capacidad del canal de transmisión.....	128
B) Relación de codificación interna.....	129
3.4.6. Estructura OFDM.....	130
A) Señales de referencia.....	131
B) Definición de sucesión de la referencia.....	131
C) Localización de las células piloto esparcidas.....	132
D) Situación de portadores piloto continuo.....	132
E) Transmisión de parámetros de señalización (TPS).....	133
F) Alcance del TPS.....	133
3.4.7. Formato de Transmisión.....	133
A) Inicialización.....	134
B) Sincronización.....	134
C) Indicador de longitud TPS.....	134
D) Número de bloques.....	134
E) Constelación.....	135
F) Información de la jerarquía.....	135
G) Tasa de codificación.....	135
H) Intervalos de guarda.....	136
I) Modo de transmisión.....	136
J) Protección de error de TPS.....	136
3.4.8. Características de espectro.....	136
3.4.9. Máscara espectral.....	137
3.5. El estándar Americano ATSC.....	139
3.5.1. La HDTV en los EUA.....	140
A) Desarrollo del estándar de la televisión ATSC	141
B) La alianza magnífica	142
C) Estándar de HDTAV adoptado por la FCC.....	143
D) Trabajo del ATSC.....	144
E) Organización para documentar la Norma de Televisión Digital.....	144

	<i>Página.</i>
3.5.2. Norma ATSC	145
A) Apreciación global del sistema	145
B) Diagrama de bloques del sistema	145
C) Fuentes de Codificación	146
D) Entradas de video para ATSC	147
E) Especificaciones de la fuente de codificación	147
3.5.3. Formato activo de la pantalla	148
3.5.4. Características del Sistema de Audio	149
A) Frecuencia de muestreo	150
B) Proporción de bits	150
C) Modos de codificación de audio	150
3.5.5. Servicios de audio principales y asociados	150
A) Servicios de audio principales completos (CM)	151
B) Servicios de audio principales, música y efectos (ME)	151
C) Servicios para deficiencia visual (VI)	151
D) Servicios para deficiencia auditiva (HI)	152
E) Diálogo (D)	152
F) Comentario (C)	152
G) Emergencia (E)	152
H) Voz encima (VO)	152
3.5.6. Características de los Codificadores de Audio	153
3.5.7. Servicio múltiple y características del subsistema de transporte	153
A) Restricciones de PES	154
B) Servicios	154
3.5.8. Interfaces del Subsistema de transporte y proporciones de bits	155
A) Características de las entradas del subsistema de transporte	155
B) Subsistema de transporte	155
C) Protecciones de error de canal	155
D) Servicios de detección y corrección de error del flujo principal	155
3.5.9. Codificador Reed-Solomon del Servicio Principal	156
3.5.10. Entrelazado del Servicio Principal	157
3.5.11. Codificación de Servicio Principal	157
3.5.12. Codificador Trellis	158
A) Protecciones de datos reforzados	159
B) Convertidor de paquetes de bytes	159
C) Multiplexión de paquetes de proporción $\frac{1}{2}$ o $\frac{1}{4}$	159
D) Reed -Solomon reforzado	160
E) Entrelazado de los datos reforzados	160
F) Expansión de los bytes y suma del encabezado MPEG-2	161
G) Procesador de símbolos reforzados	161
H) Sincronización de los datos	162
I) Sincronización de campo	162
J) Sincronía e inserción de pilotos	163
K) Estructura de datos de tipos	163
3.5.13. Organización de los Datos	164

	<i>Página.</i>
3.5.14. Características de sistema de transmisión en RF	166
A) Características de transmisión para difusión terrestre	166
B) Servicio Principal	167
C) Servicio Reforzado	167
3.5.15. Modulación VSB	167
A) Cartografía de los bits de la señal	168
3.5.16. Filtro Nyquist	168
3.5.17. Constelación de la señal 8 VSB	171
3.5.18. Convertidor de subida y antena	171
3.5.19. Receptor	171
3.6. Mapa de Mundo según estándares de HDTV existentes	172

Capítulo 4 “Comparativa de los sistemas de HDTV existentes”

4.1. Comparativo de los sistemas HDTV existentes	174
4.1.1. Aspectos significativos de ISDB-T	175
A) Costo a las programadoras	177
B) Costo a los consumidores	177
4.1.2. Aspectos significativos de DVB-T	178
A) Costo a las programadoras	180
B) Costo a los consumidores	180
C) Innovaciones a la Norma	181
4.1.3. Aspectos significativos de ATSC-T	182
A) Costo a las programadoras	185
B) Costo a los consumidores	186
C) Dificultades del Sistema de transmisión	188
D) Recomendaciones para el estándar ATSC-T	188
E) Innovaciones a la Norma	188
4.1.4. Informes del Grupo Albert/Set	189
A) Conclusiones	190

Capítulo 5 “Propuesta de Implementación de un Sistema de HDTV abierto en México.”

5.1. Procedimiento para la implementación de un sistema de HDTV	192
5.2. La selección de ATSC para México	193
5.2.1. El precursor de ATSC en México: “TELEVISIA”	194
5.3. Proyecto de transición a HDTV	194
5.3.1. Proyecto de transición de HDTV en México	199
ACUERDO	199
1. Objetivos.....	200

	<i>Página</i>
2. Modelo de la TDT.....	200
3. Canales adicionales para la transición a la TDT.....	201
4. Periodos trianuales del proceso de transición.....	202
5. Seguimiento, revisión y ajustes al proceso.....	203
6. Adecuaciones necesarias a las Concesiones y Permisos.....	204
6.1 Procedimientos y plazos para solicitar el refrendo de la concesión o el permiso con base en la presente Política	204
6.1.1 Procedimientos.....	204
6.1.2 Plazos para solicitar el refrendo.....	205
6.2 Procedimiento para hacer uso de los canales adicionales para la TDT.....	205
7. Incumplimientos a la Política.....	206
7.1 No manifestar compromisos para la transición a la TDT	206
7.3 Prestar servicios de telecomunicaciones sin contar con la concesión o el permiso que corresponda de conformidad con la Ley Federal de Telecomunicaciones.....	206
8. Receptores de Televisión Digital.....	206
TRANSITORIOS.....	207
<i>5.4.-Situación actual de la Ciudad de México.....</i>	<i>207</i>
5.4.1.-Los Radiodifusores de Televisión.....	207
5.4.2.-Los usuarios durante la transición a HDTV.....	207
A) Pantallas de Plasma.....	209
B) Pantallas de LCD.....	210
C) Televisores de TRC.....	210
D) Índice de ventas y costo de equipos.....	212
Capítulo 6 “Conclusiones.”	
6.1 Conclusiones	214
Glosario	215
Bibliografía.....	221

Objetivo:

* El objetivo del presente trabajo es dar a conocer los métodos, sistemas, equipos y técnicas utilizadas para el desarrollo de un Sistema de Televisión Terrestre abierto en formato digital para la ciudad de México, considerando las normas internacionales así como las recomendaciones de transmisión estipuladas por los organismos correspondientes a nuestro país.

* Proponer un sistema de transmisión de señales de Televisión de Alta Definición para la Ciudad de México analizando y estudiando el impacto de las mejoras tecnológicas, así como las limitaciones y desventajas que los sistemas de HDTV pudieran presentar por características propias ante otros estándares comerciales implementados en algunos países del mundo.

Justificación:

El tema de investigación surge a partir de un ciclo de conferencias impartido en la ENEP Aragón en el año 2002 sobre nuevas tecnologías, una de las cuales llevaba el nombre de: Televisión de Alta Definición. El concepto de una revolución en el sistema de transmisión de los parámetros de video fue para mi una opción interesante sobre la tecnología innovadora y no implantada.

El proyecto de desarrollar una tesis sobre este tema me llevó a tener un acercamiento mas sobre los parámetros de la señal de video que se transmiten en este momento para los sistemas de televisión abiertos, la búsqueda de algunos títulos de sistemas de televisión en bibliotecas, además de realizar el Servicio Social en la Estación terrena de señales en Banda C ubicada en CONTEL Iztapalapa, donde se monitoreaban señales de Televisión Vía Satélite.

El desarrollo de la tecnología mundial será reflejado en la adopción de un nuevo sistema en nuestro país, por lo que se pretende con este trabajo apoyar la transición al nuevo sistema adoptado así como ofrecer el respaldo de los criterios de selección del estándar ATSC, proceso que tardara desde su inicio hasta la digitalización completa del sistema un lapso de dos décadas aproximadamente.

Hipótesis:

El desarrollo de la tecnología ha permitido a una gran parte de los países su evolución a un sistema de TV completamente digital. La comunidad Europea, los Estadounidenses y los Japoneses dictan los estándares de la Televisión de Alta definición y México estudia las opciones existentes para adoptar el sistema mas adecuado a sus necesidades, por lo tanto, en este trabajo analizamos los diferentes estándares y verificaremos que los sistemas digitales son la alternativa que mejora minimamente al doble la calidad de imagen y la calidad de audio respecto a los estándares analógicos utilizados en la actualidad.

Introducción:

El desarrollo de tecnologías para la comunicación en los últimos años ha sido sorprendente, esto nos da pauta para pensar que el inicio del milenio traerá muchos cambios en la forma de ver la televisión en nuestros hogares.

El concepto de creación de un sistema de comunicación visual tuvo por lo menos 150 años de trabajo, los avances eran compartidos y revelados en las convenciones mundiales de tecnología; de aquí que Alemania y Estados Unidos trabajaran juntos para el lanzamiento de un sistema de TV. previo a la segunda guerra mundial.

La televisión abierta fue desarrollada a partir de la década de los 40, con poca calidad, un solo color y permitió a muchas personas observar cosas maravillosas de la historia del siglo pasado como la llegada del hombre a la Luna; La primera evolución de la TV. llegó con los sistemas a color, una mejora que sorprendió y dividió al mundo de acuerdo al estándar adoptado en tres grandes grupos. En los comienzos del nuevo milenio, nos vemos frente a una nueva evolución, la digitalización. La Televisión Digital de Alta Definición permite una calidad superior al resaltar detalles en las imágenes, mostrar una mayor cantidad de colores, producir un sonido de alta fidelidad con calidad equiparable a la del CD, en pocas palabras, permitirá la sensación de una imagen real ambientada con sonidos digitales, el resultado será tener una sala de cine en la comodidad de nuestro hogar.

El presente trabajo es un estudio del desarrollo de la televisión desde su creación hasta nuestros días, continuando con la descripción del funcionamiento básico de los estándares existentes de Televisión Digital de Alta Definición con sus respectivas ventajas y desventajas; por ultimo, describe el plan de desarrollo para la implementación del sistema digital de Alta Definición abierta en México.

Antecedentes:

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.

En 1987 la Comisión federal de Comunicación FCC de los EUA, 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 partaguas en la historia de la televisión.

HDTV en el Mundo.

Algunos de los estándares adoptados: en Europa con el DVB (Digital Video Broadcast), Estados Unidos de Norteamérica con el ATSC (Advanced Television Systems Committee) y Japón con ISDB-T. Dichos estándares, únicamente marcan las características técnicas de los sistemas de transmisión de señales digitales de servicios de televisión en formatos de alta definición (HDTV) y definición estándar (SDTV). Para el caso de producción, la UIT (Unión Internacional de Telecomunicaciones) ha definido el estándar de producción de programas de televisión de alta definición en 1080i (1080 líneas y 1920 columnas).

Aún cuando los tres estándares de TV digital permiten seleccionar si el servicio será en SDTV ó HDTV, la denominada Televisión de Alta Definición es sin duda el objetivo primordial de los servicios de TV digital, ya permite al televidente disfrutar imágenes con la calidad de fotografía de 35 mm. (cine) y audio surround equiparable al CD en una pantalla ancha con relación de 16:9.

Las transmisiones comerciales de señales de TV digital iniciaron en Europa (principalmente en el Reino Unido) en 1998 y se estima que en el año 2007 se habrá logrado el grado de penetración deseado para dar por terminados los servicios analógicos en la región.

HDTV en E.U.

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. 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 EUA, 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. Se fijó como meta importante en esta transición a transmisión digital, el que se regrese el canal analógico NTSC al final del periodo de transición en el 2006, fecha que consideraron razonable para la finalización del servicio de transmisión de señales NTSC.

Con la Norma ATSC, es 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 EUA, operadores de cable y programadores de DBS han hecho pública su intención de proporcionar servicios de programación de televisión de alta definición HDTV.

La nueva generación de televisión fue presentada por los principales fabricantes en el CES 98 celebrado en las Vegas Nevada, EUA, en enero del 97, 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 eran de pantalla grande, y de alto costo. Se estima que los primeros receptores de HDTV tenían un costo de \$8,000 a \$10,000 dólares americanos.

Los radiodifusores de televisión en los EUA operan por lo menos una estación de televisión digital en cada uno de los diez principales mercados desde 1998, para el 30% de los 100 millones de hogares en los EUA, y para noviembre de 1999 debían cubrir los 30 principales mercados para llegar así al 50% de los hogares y continuarán transmitiendo en forma analógica hasta por los menos el año 2006.

HDTV en México.

En México las empresas TV Azteca y Televisa, organizaron demostraciones de esta nueva tecnología durante los meses de diciembre de 1997 y febrero de 1998, respectivamente.

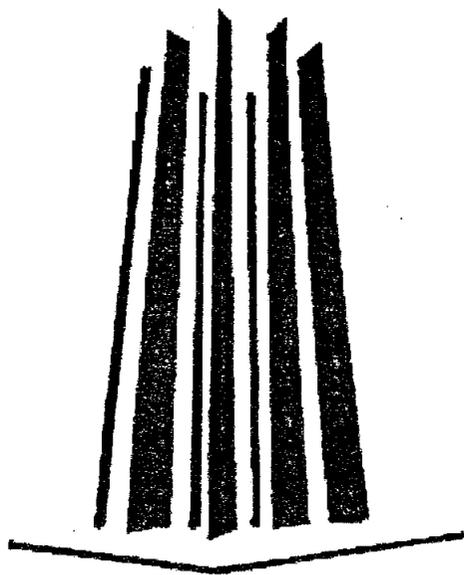
Además de varios eventos prueba como lo han sido los Juegos de Invierno en 2002 por parte de Televisa y recientemente la película El Tigre y El Dragón por parte de TV AZTECA en el canal 54 con un formato de HDTV en el mes de abril de 2004.

Este cambio no sólo representa la oportunidad de revolucionar la calidad de la imagen y de sonido, representa un gran potencial de interactividad considerando que el canal aéreo de 6 Mhz es capaz de transportar utilizando la modulación de tipo 8-VSB (banda lateral vestigial), un canal de datos de alta velocidad paquetizada de hasta 19.4 Mbps directo al hogar, el cual puede entregar video y también servicios de información a muy altas tasas, con posibles retornos mediante línea telefónica.

La CIRT (Cámara de la Industria de la Radio y la Televisión) determinó un grupo de personas para el estudio, análisis e interpretación de pruebas realizadas para la implementación de este sistema en nuestro país, el denominado Comité Consultivo de Nuevas Tecnologías estudia la posibilidad de un nuevo sistema de transmisión de señales de televisión en formato digital atendiendo a las resoluciones de la SCT, a fin de dictaminar las recomendaciones y normas necesarias para la transmisión de señales en formato digital de acuerdo al estándar elegido.

La toma de decisiones no es una tarea simple ya que se tienen que evaluar consideraciones técnicas que acarrearán efectos económicos y sociales ya que nuestro país comparte una frontera con Estados Unidos geográfica y comercial. El estudio de tres sistemas (Europeo, Americano y Japonés) hace pensar que las ventajas de uno sobre otro puedan ser sobrepasadas por intereses que no corresponden al análisis técnico.

Cabe recordar que actualmente el sistema de transmisión para las señales de televisión comercial obedecen al estándar denominado NTSC para nuestro país. Estándar establecido en Norteamérica para las señales analógicas de televisión, por lo que no es de extrañar que el que se adopte en nuestro país sea el ATSC en contraparte de otros países como Brasil y Chile que eligieron la norma europea DVB.



FES "ARAGÓN"

Capítulo 1



1. "Conceptos Básicos de Televisión "

Capítulo 1. "Conceptos básicos de Televisión "

1.1.-Sistemas de comunicaciones.

El hombre ha desarrollado múltiples sistemas para poder comunicarse, desde las pinturas rupestres de hace millones de años hasta las tecnologías utilizadas en la actualidad. Su necesidad de transmitir información ha sido el argumento importante para el desarrollo de los sistemas, los hombres comenzaron comunicándose por medio de símbolos que entendían e interpretaban de la misma manera, el desarrollo de la capacidad de hablar trajo consigo el lenguaje, una serie de sonidos que permiten crear información utilizando la voz para crearlos y el oído para poderlos interpretar. Cuando el lenguaje estableció la forma común de comunicación, crearon el lenguaje escrito y utilizaron un medio que permitía que más de una persona pudiera recibir esta información, posteriormente inventaron la imprenta. Este era un avance para comunicar a las personas, pero era complicado recorrer distancias muy largas, en un principio había mensajeros a pie o a caballo, pero existían distancias imposibles de recorrer. Los avances desarrollados en otras áreas permitieron la manipulación de la electricidad, un elemento que impulsó el desarrollo del telégrafo, basado en un código de puntos y líneas. Un cable puede conducir electricidad recorriendo grandes distancias en segundos, el avance permite tener líneas de comunicación entre ciudades y luego entre países. La mejora del telégrafo es el teléfono que permite utilizar la voz humana entre un receptor y un transmisor, la voz se convierte en un valor eléctrico capaz de viajar en un cable.

Cuando hablamos de medios de comunicación para muchos receptores comenzamos con una comunicación que no podía realizarse con cables debido a que el costo de unir múltiples puntos era demasiado elevado y poco funcional, se descubren las ondas hertzianas, campos magnéticos que pueden viajar en todas direcciones por el aire, se crea el telégrafo inalámbrico y después el radio-receptor, por último debemos decir que crearon la televisión, ahora podían transmitirse también imágenes.

Los sistemas de comunicación han tenido en los últimos 20 años una velocidad vertiginosa, crearon sistemas para comunicar continentes completos colocando satélites fuera del planeta, los teléfonos dejaron de tener cables para ser móviles, además del surgimiento de un sistema de conexión basado en equipos de computo en una red mundial denominada Internet. Hoy utilizamos teléfonos que funcionan en cualquier parte del mundo, sistemas con señales satelitales transmitidas desde otro continente, redes de computadoras que permiten "entablar conversación" con alguien que está a kilómetros de distancia, etc. En este entorno del mundo digital, la televisión no puede quedarse atrás, necesita un rediseño de los elementos de transmisión y recepción, necesita una evolución.

1.1.1- Elementos básicos de los sistemas de comunicación.

El proceso de comunicación necesita de un emisor y de un receptor, los cuales pueden ser personas, medios mecánicos o electrónicos y de un medio a través del cual viaja la información, existen muchas formas de comunicación y las telecomunicaciones son una forma específica que indica que el proceso se realiza a través de un medio electrónico. En la vida cotidiana aun sin conocer los detalles y formas en que éstas se llevan a cabo, estamos acostumbrados a entablar comunicaciones con medios electrónicos ya sea al hablar por teléfono o mandar un fax. El medio físico para comunicaciones electrónicas son cables de cobre revestidos, pero hoy en día las telecomunicaciones se establecen también a través de fibra óptica, satélites o microondas (por aire). La información que puede transmitirse puede ser la voz humana, datos provenientes de una computadora, imágenes de televisión, etc., al proceso de llevar la información de un lugar a otro se conoce como transmisión.



1. "Conceptos Básicos de Televisión"

La información "viaja" en forma de señal eléctrica de naturaleza analógica o digital. Las señales analógicas son aquellas cuya intensidad o frecuencia es directamente proporcional a los datos que representan, como señales de la televisión o de la radio; un sistema que utiliza este tipo de señales (la voz humana) es el teléfono; la desventaja en las transmisiones analógicas es la incorporación de "ruidos" durante el proceso de emisión-recepción que hace que dicha señal se altere o transforme en el camino. Las señales digitales son aquellas que emplean distintos objetos o dígitos para representar elementos del mundo real. Esto se esquematiza mediante dos estados de un circuito electrónico (prendido-apagado o cerrado-abierto), mediante 1's y 0's correspondientes al sistema de numeración binaria, estos 1's y 0's se conocen como bits (binary digits, dígitos binarios) y la señal digital puede representar cualquier caracter o letra mediante conjuntos de 8 bits, lo cual se denomina byte. Las transmisiones digitales tienen la ventaja de detectar y corregir los errores que se pudieran haber cometido durante el proceso de emisión-recepción.

La información es el elemento mas importante del sistema de comunicación, la alteración o pérdida de esta producirá una serie de errores entre el receptor y el transmisor, por lo tanto, el canal donde viaja la información tiene que ser lo mas confiable para garantizar que no se generen perdidas del mensaje transmitido. Es por eso que todos los sistemas de comunicación deben adecuarse al medio que se va a utilizar, en función de esto se determina que elementos son necesarios, tanto en la parte de recepción como de transmisión. De acuerdo a la forma en que transmiten y/o reciben la información, los sistemas de comunicación pueden clasificarse en tres modos:

Comunicación simplex: La información viaja del transmisor al receptor o receptores utilizando un medio de comunicación.

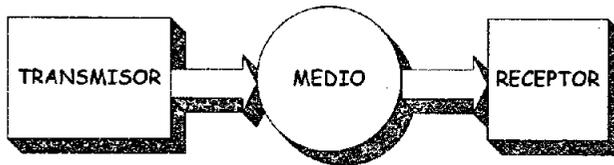


Figura 1-1. Diagrama de comunicación simplex.

Comunicación semi-duplex: La información viaja del transmisor al receptor en una primera etapa, en la segunda etapa, el equipo que era receptor transmite información y por lo tanto el equipo que antes transmitía tiene la capacidad de recibir información.

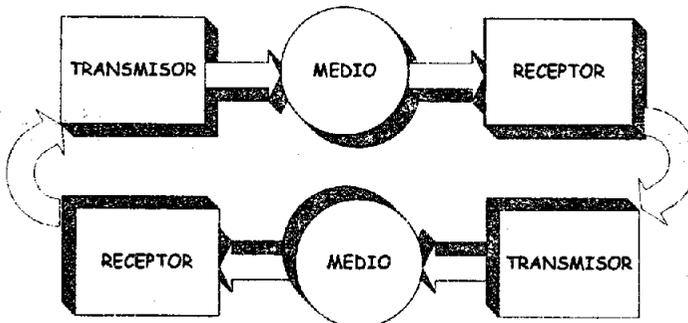


Figura 1-2. Diagrama de comunicación semiduplex.



1. "Conceptos Básicos de Televisión"

Comunicación Duplex completa: Los sistemas transmisor y receptor son habilitados al mismo tiempo, es decir, el equipo transmisor puede enviar información a otro equipo pero al mismo tiempo puede estar recibiendo información. Lo mismo ocurre con el receptor que puede estar transmitiendo en el mismo instante que recibe información.

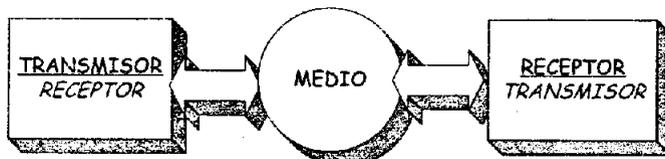


Figura 1-3. Diagrama de comunicación duplex completa.

Un sistema está construido por elementos básicos que realizan funciones específicas, el siguiente diagrama muestra los elementos necesarios para un sistema de comunicación.

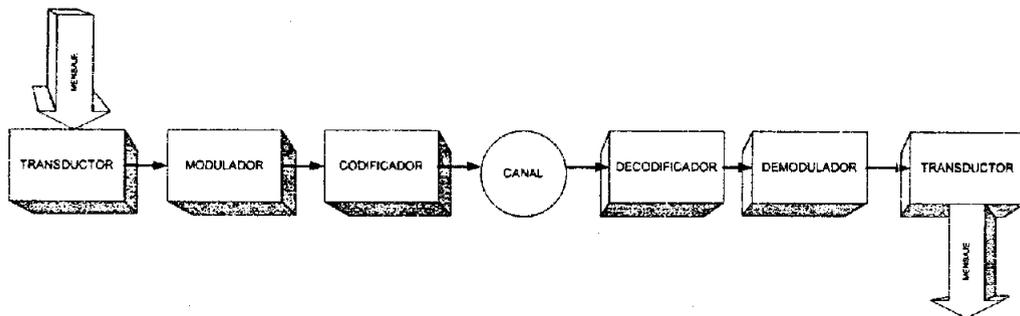


Figura 1-4. Diagrama de elementos básicos de Comunicación

Transductor: Se encarga de convertir el mensaje original en una señal o magnitud eléctrica variable tal como una corriente o voltaje; por ejemplo, un micrófono en el transmisor y unas bocinas en el receptor.

Modulador: Produce una señal variable entre sus terminales de salida que es de cierta forma proporcional a la señal que aparece en sus terminales de entrada, este proceso es el que está diseñado para imprimir la señal de información sobre una onda que se va a transmitir (es el acoplamiento de la señal de transmisión a las propiedades de canal).

Codificador: Elige la forma de la señal para optimizar su recepción en el extremo receptor. Este proceso está destinado a la detección de posibles errores dentro del mensaje que está siendo transmitido.

Decodificador: Realiza la función inversa a la del Codificador, toma la mejor decisión basada en las señales disponibles y determina que un mensaje dado fue efectivamente el que se envió.

Demodulador: Realiza la función inversa al modulador. Toma la señal proveniente del medio y obtiene la información retirando la señal portadora que se utilizó para el transporte.

Medio de transmisión: Es la parte fundamental del sistema, sin el no existiría problema alguno de comunicación, este puede incluir la ionosfera, el espacio libre, cable coaxial, fibra óptica, etc.



1. "Conceptos Básicos de Televisión"

Así pues los sistemas de comunicación dependen de la información, el método de transmisión y el equipo que se va a utilizar; el objetivo es "seleccionar los elementos más adecuados para el sistema de comunicación", no obstante, algunos de los desarrollos se ven rebasados por factores políticos, económicos o sociales pasando a segundo termino los aspectos tecnológicos.

1.1.2.- Modulaciones Analógicas.

Para adecuar la señal al medio de transmisión se debe cambiar alguno de sus parámetros eléctricos, esto con el fin de garantizar que la información sea adecuada y no se distorsione o pierda en el camino, por lo que modificamos los parámetros de Amplitud, Frecuencia o Fase de la señal. A esta adecuación de la información modificando uno de sus parámetros eléctricos se le conoce como modulación, cualquiera de los tres parámetros antes mencionados proporcionan lo que denominamos una modulación Analógica.

Las señales de entrada no pueden ser enviadas directamente del transductor hacia el canal, utilizamos una señal para transportar la información, en lo que se denomina señal portadora y cuyas propiedades se adaptan mejor al medio de comunicación que se utilizará para representar el mensaje. La modulación es la alteración sistemática de una onda portadora de acuerdo con el mensaje (señal moduladora) y puede ser también una codificación. Estas señales son mezcladas para facilitar su transmisión de la siguiente forma: la portadora es una senoide de alta frecuencia (Figura 1-5) y uno de sus parámetros (la amplitud, la frecuencia o la fase) se varía en proporción a la señal de banda base (moduladora) $s(t)$ (Figura 1-6) que es la que tiene la información. De acuerdo con esto, se obtiene la modulación en amplitud (AM), la modulación en frecuencia (FM), o la modulación en fase (PM). La figura 1-7 muestra una señal de banda base $s(t)$ y las formas de onda de AM, FM y PM correspondientes. La modulación reduce el ruido y la interferencia, se asignan frecuencias de transmisión y multicanalizan los medios de comunicación.

En AM la amplitud de la portadora varía en proporción a $s(t)$, en FM la frecuencia de la portadora varía en proporción a $s(t)$ y en PM la fase de la portadora varía en proporción a $s(t)$.

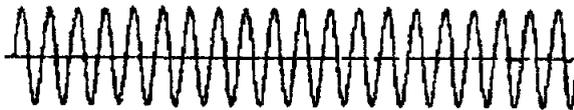


Figura 1-5. Señal Portadora

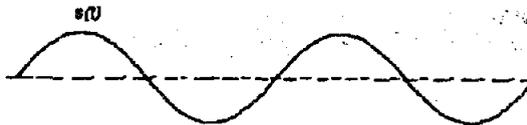


Figura 1-6. Señal moduladora (Banda Base)



1. "Conceptos Básicos de Televisión"

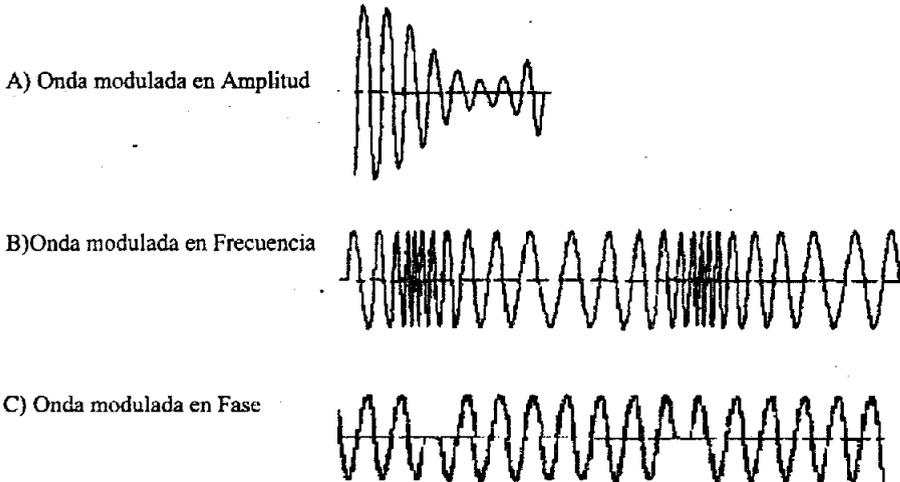


Figura 1-7. Modulación en AM, FM y PM

1.1.3.-Modulación digital.

Las señales digitales pueden estar envueltas en una señal de transporte de tipo analógico, es decir, la información digital es montada en una señal analógica (portadoras analógicas). Este tipo de modulación utiliza un sistema de llaveo que permite de acuerdo a estados altos o bajos, mandar la señal analógica. La ventaja de este sistema sobre la modulación analógica, reside en reducir el nivel de ruido que interfiere con la señal, además de poder recuperar la señal por medio de repetidores, los cuales restauran los niveles adecuados de la portadora.

Las formas de onda con portadoras para información digital proveen de una ventaja sobre el ancho de banda de las señales analógicas ya que se pueden poner en el mismo canal diferentes señales. Los diferentes tipos de modulación se muestran a continuación:

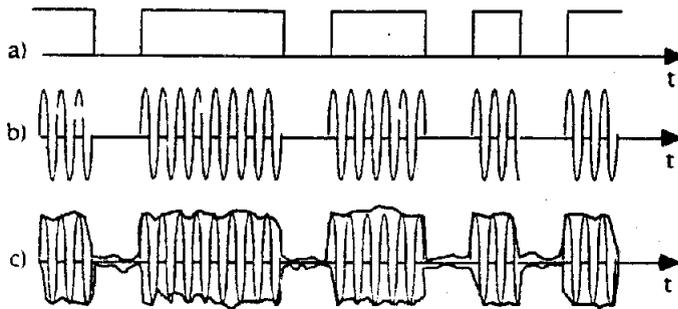
A) Modulación en amplitud (ASK). Amplitude Shift Keying, llaveo por amplitud.

En la conmutación por desplazamiento en amplitud, la amplitud de una señal portadora de alta frecuencia se alterna entre dos o más valores en respuesta a la señal digital. Para el caso binario la elección habitual es el conmutador encendido/apagado (abreviado a veces OOK por las siglas On/Off Keying).

La onda de amplitud modulada consiste en pulsos de Radiofrecuencia (RF) llamados marcas, que representan el valor binario de 1 y espacios que representan en valor binario 0, es decir, en esta técnica de modulación, la amplitud de la señal contiene la información. La gráfica (Figura 1-8) muestra una onda ASK para una señal digital, así como la señal en la AM analógica, el ancho de banda básico se duplica en la onda ASK.



1. "Conceptos Básicos de Televisión"

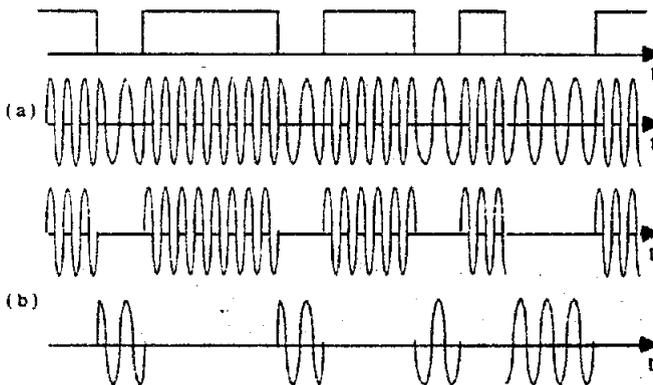


- a) Señal Digital (información)
- b) Onda ASK de banda limitada (portadora)
- c) Onda real ASK

Figura 1-8. Señal modulada en ASK

B) Modulación en frecuencia (FSK). Frequency Shift Keying, llaveo por frecuencia.

Consiste en variar la frecuencia de la señal portadora en función de la señal de entrada. En este tipo de modulación la frecuencia instantánea de la señal se alterna entre dos o más valores en respuesta al código digital. Por tal motivo, la onda FSK puede considerarse compuesta por dos ondas ASK de diferentes frecuencias portadoras. La grafica muestra una onda FSK idealizada correspondiente a la señal digital en la descomposición de dos ondas ASK. Así la frecuencia de la señal es usada como la información portadora. El "0" esta representado por cierta frecuencia, y el "1" esta representado por una frecuencia diferente (Figura 1-9).



- (a) Onda FSK idealizada
- (b) Descomposición en dos ondas ASK.

Figura 1-9. Señal modulada en ASK.



1. "Conceptos Básicos de Televisión "

C) Modulación en fase (PSK).Phase Shift Keying, llaveo por frecuencia.

Esta modulación consiste en cambiar la fase según exista un cambio en la señal de código PCM, el cambio de fase se realiza modificando 180° a la señal senoidal para conseguir un cambio notorio entre estados altos y estados bajos. Así el cambio de 0 a 1 representa un cambio de fase, pero el cambio de 1 a 0 también representa otro cambio de fase (Figura 1-10), por lo que en esta modulación se debe considerar 4 posibles casos para la aplicación de cambio de fase (Figura 1-11).

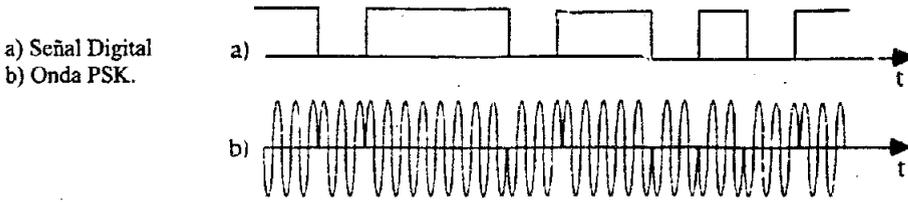


Figura 1-10. Señal modulada en PSK

VALOR ANTERIOR	VALOR NUEVO	FASE	SEÑAL ANTERIOR	SEÑAL NUEVA
0	0	No cambia		
0	1	Cambia la fase 180°		
1	0	Cambia la fase 180°		
1	1	No cambia		

Figura 1-11. Cambios de fase para la señal PSK

Estos son los tres métodos de modulación digital para señales analógicas, los métodos mas complejos de modulación digital que se emplean en los sistemas de audio y video serán explicados en los capítulos siguientes. Los sistemas actuales de televisión utilizan modulaciones analógicas para la transmisión de la información. El primer intento de aumentar la eficiencia, del medio de comunicación es utilizar la multiplexión de cuadratura (utilizar un medio para mandar varias señales), en la que se combinan dos señales moduladas en cuadratura de fase. Aprovechando la ortogonalidad de Senos y Cosenos, es posible transmitir y recibir dos señales diferentes simultáneamente en la misma frecuencia portadora y recuperarse en los receptores, la multiplexación es la combinación de dos o más canales de información en un solo medio de transmisión usando un dispositivo llamado multiplexor. El proceso inverso se conoce como desmultiplexación, las dos formas básicas de multiplexación son la multiplexación por división de tiempo o TDM (Time-division multiplexing) y la multiplexación por división de frecuencia o FDM (Frequency-division multiplexing).



1. "Conceptos Básicos de Televisión"

Ninguno de los métodos de modulación digital mencionados anteriormente es eficiente en términos de ancho de banda empleado, hasta aquí se ha considerado que sólo se puede transmitir una de dos posibles señales durante cada intervalo de señalización. Por lo tanto, estos sistemas de modulación tienen una eficiencia teórica de ancho de banda de 1 bit por segundo (bps/Hz). En muchas aplicaciones, un sistema de transmisión resulta más económico si en un ancho de banda determinado pueden transmitirse más bits por segundo; esto conduce al examen de métodos de numeración M-aria en los que se transmite una de m posibles señales durante cada intervalo de señalización.

1.1.4.- Canal de transmisión.

Cuando se habla de un canal de transmisión, nos referimos básicamente al medio que se utiliza para transmitir información eléctrica entre el equipo transmisor y el equipo receptor. Los cables fueron el primer medio que se utilizó; la evolución de las tecnologías permite que hoy todavía se utilicen en muchas aplicaciones, estos conductores eléctricos se clasifican de acuerdo al tipo de información que transportan, se construyen con características físicas y eléctricas específicas, por ejemplo: los cables para transmisión de voz (teléfono), cables para redes de datos, los cables para señales de televisión (coaxial), etc. Estos medios se caracterizan por tener una capacidad de transmitir información y una velocidad máxima para hacerlo.

Cuando el volumen de información es muy grande, se debe ocupar otro medio que no sea un conductor eléctrico, caso concreto son las fibras ópticas; hilos de silicio transparente que permiten conducir señales luminosas con una velocidad muy alta. El medio como conductor eléctrico o fibra óptica es utilizado cuando existen pocos equipos transmisores y receptores, en el caso de la televisión, existe una estación transmisora y millones de equipos receptores. Esta es la característica de un sistema de transmisión sin "hilos" o inalámbrica, diseñada para un esquema de múltiples receptores con un solo transmisor; Se requiere utilizar el aire como medio de propagación de las señales, las cuales ya no pueden ser eléctricas porque no existe un cable para viajar, tampoco pueden ser luminosas porque no existe guía para el haz de luz como lo es la fibra óptica; Se utilizan entonces señales electromagnéticas, esto quiere decir que se transmiten señales de cierta frecuencia en forma de campos magnéticos, los cuales tienen dirección, potencia y polarización.

Las señales electromagnéticas se pueden generar con una señal eléctrica; perpendicular a la señal eléctrica se crea un campo magnético de la misma frecuencia, la señal electromagnética generada viaja en el aire y puede cubrir una gran área donde se encuentran los receptores. Estas señales cuentan con una longitud de onda característica, en base a la información que desea transmitir se selecciona rango de frecuencias para evitar que otra señal tenga la misma frecuencia y distorsione la información. Los campos magnéticos (invisibles) viajan en una dirección determinada por la orientación de la antena y la distancia máxima que puede recorrer la señal es proporcional su potencia (expresada en watts); El aire tiene diversos factores que afectan a una señal electromagnética tales como campos magnéticos (generados por motores eléctricos, señales adyacentes, etc.), objetos que impiden su paso como edificios, montañas; factores climatológicos como la lluvia o por la resistencia eléctrica del aire.

El espectro electromagnético (Figura 1-12) incluye señales de frecuencia (hertz) o longitud de onda (metros) posibles de percibir con nuestro oído (frecuencias más bajas), un espectro de señales que no podemos escuchar y que sirve para transmitir información utilizando el aire (espectro radioeléctrico), una cantidad de rayos no visibles como infrarrojos (usados en comunicación inalámbrica), un rango de



1. "Conceptos Básicos de Televisión"

frecuencias de luz visible (desde el color rojo hasta el morado) y una frecuencia mas alta para rayos ultravioleta, X, Gama y cósmicos. Para el caso del aire como medio de transmisión, se determina su uso mediante organismos encargados de una asignación de las frecuencias de acuerdo al uso o propagación de cierto tipo de información, es decir, el espacio donde se puede transmitir señales electromagnéticas esta segmentado en bloques o bandas de frecuencias del espectro radioeléctrico. Se tiene un plan de Asignación de Frecuencias establecido por la COFETEL (Comisión Federal de Telecomunicaciones) para México, en esta asignación de frecuencias se encuentran distribuidos todos los servicios que pueden ser utilizados; la fig. 1-12 muestra el segmento que reúne los parámetros de transmisión de señales de televisión abierta.



Figura 1-12. Espectro electromagnético

A) Pérdidas o atenuaciones de la señal

Todos los factores que posee el medio se conocen como sus características y se clasifican de acuerdo a los efectos que causan a la señal, considerando como importantes el ruido, la atenuación y la interferencia.

-Ruido: Es una señal aleatoria que distorsiona en cierta medida nuestra información.

-Atenuación: Es la pérdida progresiva del nivel de potencia de la señal de acuerdo a la distancia recorrida

-Interferencia: Es la contaminación por señales extrañas, generalmente artificiales, de forma similar a nuestra señal o con las mismas características.

Dentro del diseño de un sistema de comunicación existen dos grandes restricciones, las limitaciones tecnológicas que se refieren a tener los dispositivos para adecuar la señal y las limitaciones de transmisión que son directamente la capacidad del canal para poder transmitir información y la cantidad de ruido que se puede presentar en el sistema. Esta capacidad del medio se expresa por la relación del ancho de banda y la relación de ruido de este expresadas en la siguiente formula:

$$C = B \log \left(1 + \frac{S}{N} \right) \frac{P_{\text{sig}}}{S_{\text{er}}}$$

B= Ancho de banda. Es la restricción en frecuencia que presenta el sistema para poder enviar una señal, se podría decir que nos indica la frecuencia mínima y máxima que el medio puede soportar, por lo tanto el espacio utilizable de frecuencias será la diferencia entre su valor máximo y mínimo.

$\frac{S}{N}$ = Es el nivel de potencia que resulta de la relación de la potencia con que se transmite la información entre la potencia de ruido que existe en el medio. Esta relación puede variar reduciendo ruido o aumentando potencia de transmisión.

1.2.- Antecedentes históricos de la Televisión.

La televisión es el sistema de transmisión de información mas grande de nuestro país y del mundo entero, este sistema fue inventado hace menos de un siglo y ha revolucionado de manera drástica la forma de vida de los seres humanos, el conocimiento de lugares y situaciones a kilómetros de distancia lo sitúa como el medio de información más importante del siglo pasado, la evolución promete algo mas, conocimiento



1. "Conceptos Básicos de Televisión"

inmediato, interacción con fuentes directas de lo que vemos, además de una calidad de imagen superior. El concepto televisión es adoptado del griego tele que significa distante y la palabra visión referida a la vista, de aquí que se considere "ver desde cierta distancia", el método que se utiliza para este sistema consiste básicamente en un receptor capaz de hacer que una imagen sea convertida en una señal eléctrica, esta señal debe ser enviada a un lugar donde se encuentra el equipo receptor, este equipo debe ser capaz de recibir señales eléctricas y transformarlas en una imagen.

1.2.1.-Historia de la Televisión.

La televisión nos permite ver cosas que están distantes, tan lejos como la tecnología le permita llegar a un equipo transmisor, tal es el caso de imágenes del hombre en la luna como ocurriera hace ya algunos años, pero la historia del desarrollo de la televisión ha sido en esencia la búsqueda de un dispositivo adecuado para explorar imágenes. Para lograr esto se pensó en un material sensible a la luz con antecedentes del año 1839 por el francés Edmon Becquerel que descubre los efectos fotoeléctricos. Para generar una imagen estática en 1843 el escocés Alexander Bain patentó un aparato copiado; consistía en una figura dibujada con una tinta especial aislante sobre un soporte conductor que se arrollaba sobre un cilindro, en el otro extremo se encontraba un cilindro que giraba sincrónicamente con el primero, había un papel tratado químicamente que al recibir los impulsos eléctricos del transmisor empujaba, copiando un negativo de la imagen original, teniendo así el primer transductor de imágenes. Siguiendo este desarrollo, en 1855 Caselli un fraile de origen italiano, desarrolló un sistema de fototelegrafía que funcionó entre Amiens y París, el cual reproducía imágenes sobre un papel sensibilizado con cianuro potásico. Para el año de 1873 Willoughby Smith y su ayudante Joseph May, que trabajaban en la Telegraph Construction and Maintenance Company Ltd en Eire, notifican a la Sociedad de Ingenieros de Telegrafía sus observaciones hechas sobre las propiedades fotoeléctricas del selenio, el cual fue descubierto por el sueco Jons Jacob Berzelius años atrás. En 1881 Sheldorf Bidwell de origen inglés presentó en una conferencia un aparato para la transmisión de imágenes impresas por conductores eléctricos. Surge un principio de funcionamiento importante, una imagen debe ser explorada por algún procedimiento, generalmente por líneas; es decir, descomponer en elementos mínimos y captar la información de la luz de cada elemento de la imagen impresa (no se podían captar directamente).

El primer diseño de equipo para explorar una imagen no impresa fue el disco Nipkow, patentado por el inventor alemán Paul Gottlieb Nipkow en 1884, consistía en un disco plano y circular que estaba perforado por una serie de pequeños agujeros dispuestos en forma de espiral partiendo desde el centro, al hacer girar el disco delante del ojo, el agujero más alejado del centro exploraba una franja en la parte más alta de la imagen y así sucesivamente hasta explorar toda la imagen, quedando la imagen descompuesta en 30 líneas. El disco Nipkow no funcionaba con imágenes demasiado grandes y no permitía mejorar la definición debido a la velocidad con la que se realizaba la exploración, se suponía que después de una revolución del disco se había explorado toda la imagen, la luz que generaba esta imagen pasaba a través del orificio y se orientaba hacia una celda sensible a la luz, esta generaba una corriente proporcional a la luz reflejada.

La corriente operaba una lámpara de neón, esta emitía luz con base a la corriente recibida, un segundo disco se colocaba entre la lámpara de neón y el observador, de forma que los discos giraban de manera exacta. La imagen no era distinguible por el observador, pero el principio de exploración y reproducción de una imagen es la base del utilizado en la televisión actual. Otro trabajo importante en esta época fueron las investigaciones de Hertz y su descubrimiento de la existencia de ondas electromagnéticas (1887), el desarrolló lo que entonces llamaban telegrafía sin hilos y que iba a permitir la transmisión de imágenes.



1. "Conceptos Básicos de Televisión "

La televisión trabajaba con principios mecánicos y había llegado al límite de sus capacidades, la lentitud de la respuesta de las fotocélulas hacían imposible alcanzar las definiciones tanto en número de líneas como en frecuencia de imagen. Entonces, comienzan a desarrollar nuevas tendencias que permitan rebasar las limitaciones mecánicas, aplicar conceptos del campo de la electrónica de las primeras décadas del siglo y en 1859 Julius Plücker físico y matemático inglés trabajó con una lámpara de vacío que emanaba rayos, a los cuales llamó rayos catódicos. Años después, en 1897 Ferdinand Braun un físico alemán, construyó un tubo de rayos catódicos con el que podía guiar y desviar los rayos hasta entonces incontrolados y hacer dibujar al haz de electrones figuras determinadas sobre una pantalla fosforescente. La intensidad del haz todavía no era controlada. En 1904 el físico alemán A.R.B. Wehnelt mejoraba el tubo de Braun incorporando un cátodo caliente que emitía una mayor cantidad de electrones y producía un punto más brillante en la pantalla utilizando voltajes menores. En 1907 el ruso Boris Rosing implementa un sistema de televisión combinando la exploración mecánica de la imagen mediante dos tambores rotatorios con espejos con la reproducción electrónica mediante el tubo de rayos catódicos. La calidad de las imágenes reproducidas era muy baja debido al sistema de exploración mecánico. Transcurrió el año de 1908 y Archibald Campbell Switon, un ingeniero electricista inglés, mediante una carta mandada a la revista Nature, sugirió que la solución al problema de la televisión mecánica consistía en utilizar un tubo de rayos catódicos tanto en el emisor como en el receptor. La propuesta quedó en el papel.

En 1907 Lee de Forest desarrolló una válvula de amplificación que supuso un nuevo impulso al desarrollo de todos los sistemas eléctricos en general, para 1923 Ivés y Jenkins, ambos americanos, hicieron la primera demostración pública de la televisión mecánica con imagen estática en Estados Unidos, transmitiendo la fotografía del Presidente Harding desde Washington a Philadelphia. En Europa se desarrollaron investigaciones parecidas y en 1923 el escocés John Logie comienza las investigaciones sobre su sistema mecánico basado en el disco de Nipkow, con el que produce el primer servicio público de televisión del mundo. Este mismo año W. S. Stephenson y G.W. Walton proponen realizar la exploración entrelazada en el sistema mecánico de adquisición de imagen de Nipkow. En 1925 Baird hizo una demostración pública en unos grandes almacenes de Londres. Este mismo año Jenkins hizo una demostración pública de la transmisión por radio de una imagen con movimiento muy lento. Para el año siguiente Baird realizó una demostración ante miembros de la Royal Institution donde consiguió transmitir imágenes en movimiento de un rostro humano con cierto grado de luz y sombra. La definición de la imagen era de 30 líneas a 5 imágenes por segundo, siendo el área de visualización de 5x4.8 cm que sólo podía ser vista por un espectador. En 1927 Ivés, trabajaba con los recursos de empresa Bell Telephone Laboratories e implementó un sistema con la misma filosofía que Baird pero con características mejoradas. La definición alcanzada fueron 50 líneas y el número de imágenes por segundo 18, transmitidas por teléfono a una distancia de 200 millas. Se estableció una rivalidad entre los ingenieros americanos y el inglés Baird. En 1928, Baird respondió con una transmisión de imagen a una distancia doble que la conseguida por los americanos y para el 30 de Septiembre de 1929 Baird consiguió que la BBC realizara transmisiones regulares de televisión. La definición era de 30 líneas y la frecuencia de imagen 12.5 por segundo. En Marzo de 1930 se incorporó la transmisión del sonido simultáneo a la imagen.

Para este momento las tensiones necesarias para la deflexión del haz de electrones en el tubo de rayos catódicos se obtenían acoplando unos reostatos a los motores que producían la exploración de la imagen. La tensión de salida de los reostatos se llevaba mediante cables al tubo de rayos catódicos. Es la solución del momento a las necesidades de sincronización que existen en televisión. Sinding y Larsen proponen la transmisión de la señal de televisión sin hilos en 1911 mediante tres canales, uno para la imagen, otro para la sincronización horizontal y el último para la sincronización vertical.



1. "Conceptos Básicos de Televisión "

Surge así el iconoscopio, inventado por el físico estadounidense de origen ruso Vladimir Kosma Zworykin en 1923 y da origen a un sistema de exploración que no incluye partes mecánicas sino electrónicas. El iconoscopio consistía en un tubo de vacío almacenador de cargas cuyo comportamiento dependía de la luz. La lectura de la imagen almacenada en forma de cargas en la superficie fotosensible mediante un haz de rayos catódicos controlado por campo magnético hacía que este sistema no tuviera los inconvenientes del sistema mecánico, aventajándolo en muchos sentidos. Durante los años siguientes se fue perfeccionando hasta que en 1929 incorporó el sensor a una cámara completa y la RCA apoyó totalmente el proyecto, pasando Zworykin a dirigir un grupo de investigación sobre televisión electrónica llamado Camden, esta es la base para que la Radio Corporación of America (RCA) anunciara un sistema de televisión en 1933.

Europa no se quedaba atrás, en Alemania se seguían los avances realizados en Estados Unidos y también se hacían aportaciones. En 1930 se creó la empresa Telefunken que incorporó la exploración entrelazada. El siguiente año, Telefunken aportó el Sulfuro de Cadmio y Zinc para los tubos de rayos catódicos y en 1932 propone la sincronización del sistema utilizando los niveles por debajo del negro y por encima del blanco. La aportación sugería utilizar un único canal con una separación posterior sencilla de la sincronización y la señal. La sincronización de cada cuadro se acoplaría a la frecuencia de la red eléctrica según las aportaciones de los Ingleses Lubszynski y Roda en 1934. Es en esta etapa que se da el intercambio de información y resultados de sistemas Americanos y Europeos, el grupo RCA en Estados Unidos y la EMI (Electrical and Musical Industries) en Inglaterra reconocieron la importancia de unificar los sistemas. La compañía EMI tomó la delantera en el desarrollo de la televisión en Inglaterra y se unió con Marconi para desarrollar un sistema de 405 líneas y 25 imágenes por segundo, que se adoptó como estándar en Inglaterra para la banda VHF.

Con la llegada de los tubos de exploración electrónica, los avances en la transmisión radiofónica y los circuitos electrónicos que se produjeron en los años posteriores a la I Guerra Mundial, los Sistemas de televisión se convirtieron en una realidad. Las primeras emisiones públicas de televisión las efectuó la BBS en Inglaterra en 1927 y la CBS y NBC en Estados Unidos en 1930. En ambos casos se utilizaron sistemas mecánicos y los programas no se emitían con un horario regular. Las emisiones con programación se iniciaron en Inglaterra en 1936, en 1937 Alemania abandona su sistema mecánico para pasar al electrónico con 441 líneas desarrollado tras un intercambio tecnológico con los americanos; este mismo año se adopta también en Francia el sistema electrónico, pero con 455 líneas. La Unión Soviética lo hace al año siguiente con 343 líneas y en Estados Unidos con un sistema de 441 líneas el día 30 de abril de 1939, coincidiendo con la inauguración de la Exposición Universal de Nueva York.

Cuando se desarrolla la Segunda Guerra Mundial se paraliza el desarrollo de la televisión excepto en Alemania y Estados Unidos donde se sigue emitiendo. Al término de la guerra la derrota alemana provoca la interrupción de sus emisiones.

1.2.2- La Televisión en el Mundo.

A) El sistema NTSC.

En 1940 Estados Unidos comenzó la transmisión de señales de televisión comercial monocromática (blanco y negro). En 1945 La Comisión Federal de Comunicaciones (FCC) asignó 13 canales de televisión del segmento de VHF y consistía en 6 canales de banda baja del 1 al 6 en las frecuencias 44 a 48 Mhz y 7 canales de banda alta del 7 al 13 en las frecuencias de 174 a 216 Mhz.



1. "Conceptos Básicos de Televisión "

Para el año de 1952 fueron asignados mas canales para televisión en UHF del 14 al 83 en frecuencias de 470 a 890 Mhz. En 1949 comenzaron las pruebas de la primera evolución de los sistemas de televisión, las transmisiones a color fueron adoptadas en 1953 bajo el estándar del Comité de Sistemas de Televisión Nacional (NTSC) el cual aun sigue vigente en este país. El funcionamiento básico de la propuesta NTSC fueron: tres sensores precedidos de un prisma que separa la luz de la escena en sus tres componentes; codificación de la tres señales en dos partes, la luminancia para mantener la compatibilidad con los receptores monocromo y la crominancia (compuesta por dos señales diferencia de color moduladas en cuadratura) para la información de color; imbricación de los espectros de la luminancia y la crominancia para ahorrar ancho de banda y mantener la compatibilidad con la distribución del espectro radioeléctrico.

En recepción, para reproducir la imagen se utiliza un tubo con tres haces de electrones próximos entre sí, cada uno para reproducir la intensidad de cada primario; la pantalla fosforescente está compuesta por la posición de elementos fosforescentes de los tres primarios dispuestos en triadas; y precediendo a la pantalla se dispone una lámina metálica con orificios, llamada máscara de sombras, para que cada haz de electrones impacte únicamente sobre su luminóforo correspondiente. La desventaja del NTSC es básicamente de que los errores de fase que puede sufrir la crominancia a lo largo de la cadena de transmisión se ven reflejados en la pantalla del receptor como cambios de color que son apreciables por el espectador. En otros países se implemento esta tecnología, pero como era de pensarse, en un mundo dividido por los intereses económicos y políticos de la época se modificaron, corrigieron errores de fase y crearon estándares que no tenían las mismas características que el NTSC.

El NTSC adoptado por los países del hemisferio occidental incluyendo Estados Unidos, Canadá, México y la mayoría de los países de América del Sur, además de Japón y algunos países de Asia (Tabla 1-1)

SISTEMA	NTSC-M
Líneas/ Cuadros	525/60
Frecuencia Horizontal	15.734 kilociclos
Frecuencia Vertical	60 hertzios
Frecuencia Subportadora De Color	3.579545 megaciclos
Ancho de banda Video	4.2 megaciclos
Ancho de banda canal	6 megaciclos

Tabla 1-1. Características de NTSC

Asignación de canal y frecuencia de la FCC. Las frecuencias asignadas para la transmisión de TV se encuentran en dos grupos principales del espectro: muy altas frecuencias(VHF) y ultra altas frecuencias(UHF). De acuerdo a estos desarrollos de tecnologías de tele a color, los principales organismos de normalización se dieron a la tarea de adecuar la asignación de frecuencias para la transmisión de señales de televisión; El plan de distribución del espectro Radioeléctrico para Estados Unidos lo establece la FCC, por lo que se entiende que los sistemas de NTSC trabajarían con las frecuencias que se resumen en la tabla 1-2.



1. "Conceptos Básicos de Televisión "

NUMERO DE CANAL	BANDA DE FRECUENCIA Mhz		NUMERO DE CANAL	BANDA DE FRECUENCIA Mhz		NUMERO DE CANAL	BANDA DE FRECUENCIA Mhz	
1	44	50	29	560	566	57	728	734
2	54	60	30	566	572	58	734	740
3	60	66	31	572	578	59	740	746
4	66	72	32	578	584	60	746	752
5	76	82	33	584	590	61	752	758
6	82	88	34	590	596	62	758	764
7	174	180	35	596	602	63	764	770
8	180	186	36	602	608	64	770	776
9	186	192	37	608	614	65	776	782
10	192	198	38	614	620	66	782	788
11	198	204	39	620	626	67	788	794
12	204	210	40	626	632	68	794	800
13	210	216	41	632	638	69	800	806
14	470	476	42	638	644	70	806	812
15	476	482	43	644	650	71	812	818
16	482	488	44	650	656	72	818	824
17	488	494	45	656	662	73	824	830
18	494	500	46	662	668	74	830	836
19	500	506	47	668	674	75	836	842
20	506	512	48	674	680	76	842	848
21	512	518	49	680	686	77	848	854
22	518	524	50	686	692	78	854	860
23	524	530	51	692	698	79	860	866
24	530	536	52	698	704	80	866	872
25	536	542	53	704	710	81	872	878
26	542	548	54	710	716	82	878	884
27	548	554	55	716	722	83	884	890
28	554	560	56	722	728	Ya no asignados para transmisión de tele		

Tabla 1-2. Canal y rango de frecuencia para NTSC (E.U.).

B) El sistema SECAM.

En 1957 Henry de France presenta el sistema desarrollado en la Compañía Francesa de Televisión sobre los mismos fundamentos que el americano NTSC, con la diferencia de no utilizar la modulación en cuadratura con las dos señales diferencia de color que forman la crominancia y que es el origen de los errores de tono en el NTSC. En cambio, multiplexa en el tiempo las dos señales diferencia de color, transmitiendo sólo una en cada línea y alternándolas secuencialmente. En el receptor para reconstruir en



1. "Conceptos Básicos de Televisión"

cada línea toda la crominancia, cada señal diferencia de color recibida se utiliza dos veces, una vez mientras llega y la otra vez en la línea siguiente, para lo cual hay que tenerla en memoria durante el tiempo correspondiente a una línea, la resolución de Crominancia y la forma de generar imagen de una sola pieza lo constituyen como un sistema que modula dos frecuencias de imagen. Este sistema fue finalmente adoptado por Francia, la Unión Soviética y los países del antiguo bloque del este de Europa, el sistema SECAM (Sequentiel Couleur A Memorie).

El SECAM fue adoptado principalmente por Francia y Grecia, modificaciones en el ancho de banda de video principalmente crearon el SECAM IV utilizado por el antiguo Bloque Soviético de la URSS, sus características se resumen en la tabla 1-3.

SISTEMA	SECAM B, g, h	SECAM D, k, kl, l
Líneas/ Cuadros	625/50	625/50
Frecuencia Horizontal	15.625 kilociclos	15.625 kilociclos
Frecuencia Vertical	50 hertzios	50 hertzios
Anchura de banda Video	5.0 megaciclos	6.0 megaciclos
Ancho de banda canal	6 megaciclos	8 megaciclos

Tabla 1-3. Características del sistema SECAM.

La asignación de frecuencias y canal para Francia que utiliza un sistema SECAM D de 8Mhz de ancho de banda están resumidas en la tabla 1-4.

CANAL	FRECUENCIA	CANAL	FRECUENCIA	CANAL	FRECUENCIA
L2	49.00 - 57.00	E31	550.00 - 558.00	E50	702.00 - 710.00
L3	53.75 - 61.75	E32	558.00 - 566.00	E51	710.00 - 718.00
L4	57.00 - 65.00	E33	566.00 - 574.00	E52	718.00 - 726.00
L5	174.75 - 182.75	E34	574.00 - 582.00	E53	726.00 - 734.00
L6	182.75 - 190.75	E35	582.00 - 590.00	E54	734.00 - 742.00
L7	190.75 - 198.75	E36	590.00 - 598.00	E55	742.00 - 750.00
L8	198.75 - 206.75	E37	598.00 - 606.00	E56	750.00 - 758.00
L9	206.75 - 214.75	E38	606.00 - 614.00	E57	758.00 - 766.00
L10	214.75 - 222.75	E39	614.00 - 622.00	E58	766.00 - 774.00
E21	470.00 - 478.00	E40	622.00 - 630.00	E59	774.00 - 782.00
E22	478.00 - 486.00	E41	630.00 - 638.00	E60	782.00 - 790.00
E23	486.00 - 494.00	E42	638.00 - 646.00	E61	790.00 - 798.00
E24	494.00 - 502.00	E43	646.00 - 654.00	E62	798.00 - 806.00
E25	502.00 - 510.00	E44	654.00 - 662.00	E63	806.00 - 814.00
E26	510.00 - 518.00	E45	662.00 - 670.00	E64	814.00 - 822.00
E27	518.00 - 526.00	E46	670.00 - 678.00	E65	822.00 - 830.00
E28	526.00 - 534.00	E47	678.00 - 686.00	E66	830.00 - 838.00
E29	534.00 - 542.00	E48	686.00 - 694.00	E67	838.00 - 846.00
E30	542.00 - 550.00	E49	694.00 - 702.00	E68	846.00 - 854

Tabla 1-4. Canal y rango de frecuencia para SECAM (Francia).



1. "Conceptos Básicos de Televisión"

C) El sistema PAL.

Otras modificaciones del SECAM dieron la entrada al tercer estándar denominado PAL (Phase Alternation Line), desarrollado en Alemania en 1963 por el Doctor Walter Bruch (Telefunken) apoyado por la Radiodifusión Italiana, el cual mejoraba algunas características del NTSC, utilizó diferentes parámetros de luminancia dando mayor contribución al color verde y poniendo en una frecuencia diferente a la subportadora de color, además de la corrección del blanco y desfases entre los pulsos de sincronía crearon el nuevo estándar con un ancho de banda diferente, por lo que sus parámetros lo convirtieron en un estándar incompatible con el de EUA.

La aportación de este sistema, al igual que el SECAM, es la corrección del efecto visible en el NTSC de los errores de fase. Se basa en invertir línea si, línea no, la componente en cuadratura de la crominancia. En el receptor se deshace la inversión y mediante una línea de retardo se promedia la crominancia de la línea que llega en cada instante con la anterior. Con este sistema los errores de tono pasan a errores de saturación menores y menos perceptibles por el sistema visual humano.

De tal forma que los equipos de recepción y transmisión no podían ser idénticos en funcionamiento y por lo tanto incompatibles entre sí, de lo cual se deriva que algunos países adoptaran uno de los diferentes Estándares y los equipos necesarios para realizar la transmisión a otros países según los formatos necesarios. A continuación se muestra un resumen de las características de los sistemas y algunos de los países que utilizan los estándares de televisión a color:

El PAL es usado por los países de Europa Occidental, incluyendo Alemania, España, Italia, Holanda, en algunos países de Asia, países Árabes y Africanos, en América lo utilizan Brasil y Argentina; sus características se resumen en la tabla 1-5.

SISTEMA	PAL B, g, h	PAL I	PAL D	PAL N	PAL M
Líneas /Cuadros	625/50	625/50	625/50	625/50	525/60
Frecuencia	15.625	15.625	15.625	15.625	15.750
Horizontal	kilociclos	kilociclos	kilociclos	kilociclos	kilociclos
Frecuencia Vertical	50 hertzios	50 hertzios	50 hertzios	50 hertzios	60 hertzios
Frecuencia	4.433618	4.433618	4.433618	3.582056	3.575611
Portadora	megaciclos	megaciclos	megaciclos	megaciclos	megaciclos
Secundaria De Color					
Ancho de banda	5.0	5.5	6.0	4.2	4.2
Vídeo	megaciclos	megaciclos	megaciclos	megaciclos	megaciclos
Ancho de banda Canal	7 megaciclos	7 megaciclos	8 megaciclos	6 megaciclos	6 megaciclos

Tabla 1-5. Canal y rango de frecuencia para PAL.

Debido a que las frecuencias son distribuidas por cada país respecto a su plan de asignación y que los anchos de banda del sistema PAL varían de acuerdo a la versión utilizada; se debe entender que las frecuencias cambien en cada país. A continuación se muestra en la tabla 1-6 la asignación de frecuencias del sistema PAL B (7 Mhz) para el Este de Europa, Alemania y Holanda.



1. "Conceptos Básicos de Televisión "

CANAL	FRECUENCIA EN Mhz	CANAL	FRECUENCIA EN Mhz
E1 [1]	40.00 - 47.00	E6	181.00 - 188.00
E1A [1]	41.00 - 48.00	E7	188.00 - 195.00
E2	47.00 - 54.00	E8	195.00 - 202.00
E2A [2]	48.25 - 55.50	E9	202.00 - 209.00
E3	54.00 - 61.00	E10	209.00 - 216.00
E4	61.00 - 68.00	E11	216.00 - 223.00
E4A [3]	81.00 - 88.00	E12	223.00 - 230.00
E5	174.00 - 181.00		

Tabla 1-6. Canal y rango de frecuencias para PAL (B).

D) Mapa del mundo según el estándar analógico de televisión a color adoptado.

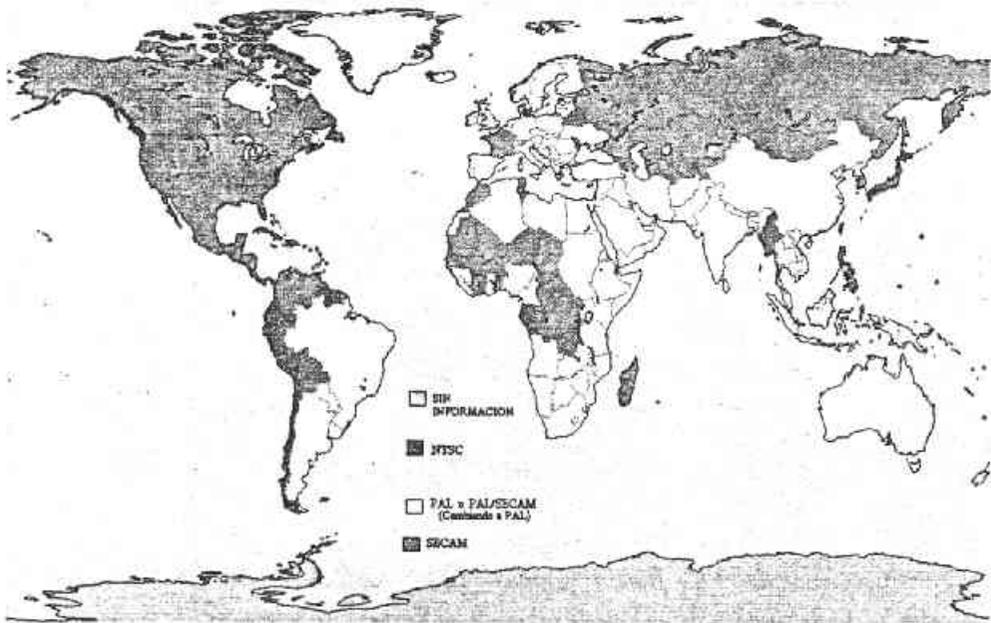


Figura 1-13. Mapa del mundo NTSC, SECAM y PAL.



1. "Conceptos Básicos de Televisión"

1.2.3.- La Televisión en nuestro país.

La introducción de los sistemas de televisión en nuestro país fueron muy de la mano del desarrollo de esta tecnología en el país vecino del norte, se habían realizado experimentos en televisión a partir de 1934, pero la puesta en funcionamiento de la primera estación de TV en la ciudad de México se dio hasta el año de 1946 con el canal 5 bajo el estándar NTSC. Al iniciarse la década de 1950 se implantó la televisión comercial y se iniciaron los programas regulares, después de varios años de experimentación, con el pionero Don Emilio Azcárraga Vidaurreta, transmitiendo desde la XEW "La Voz de la América Latina desde México", se inauguran las instalaciones de Televisión en Avenida Chapultepec. En 1955 los canales 2, concesionado por Televimex S.A., de Emilio Azcárraga Vidaurreta, 4, concesionado por Televisión Nacional, propiedad de Rómulo O' Farril y 5, concesionado a Televisión González Camarena, de Guillermo González Camarena se fusionaron creando Telesistema Mexicano.

En 1968 surge XHTMTV Canal 8, se establecieron las instalaciones en San Ángel Inn de Televisión Independiente de México, un canal televisivo concesionado por la empresa Fomento de Televisión Nacional propiedad de un grupo empresarial regiomontano Alfa Monterrey. En noviembre de 1972, después de competir entre sí por un período de cuatro años, las empresas Telesistema Mexicano (canales 2, 4 y 5) y Televisión Independiente de México (canal 8), decidieron fusionarse en una sola entidad que habría de operar esas emisoras así como sus repetidoras en el país. El día 28 de ese mes los señores Bernardo Garza Sada, del grupo Alfa de Monterrey, y Emilio Azcárraga Milmo, de Telesistema Mexicano, firmaron un acuerdo de fusión. Surgió de esta manera Televisión Vía Satélite, S.A. o TELEvisa. El día 8 de enero de 1973, Televisa inició oficialmente sus actividades. El logotipo de Televisa representa el ojo del hombre que observa al mundo a través de la pantalla de la televisión e identificó a la empresa hasta diciembre del 2000, fue diseñado por el arquitecto Pedro Ramírez Vázquez quedando desde entonces como colores corporativos el amarillo y el naranja.

En 1985, Canal 8 cambió su frecuencia al canal 9, que se manejó durante sus primeros seis años como señal cultural hasta principios de 1991, su orientación se volvería comercial convirtiéndose en XEQ Canal 9. En septiembre de 1988, Televisa concretó la creación del primer sistema de noticias en español vía satélite llamado ECO, transmitiendo en vivo. Durante la década de 1990, Televisa se expandió hacia otros campos, como la televisión por cable con Cablevisión S.A., fundada en 1989, y televisión por satélite con SKY a finales de 1996, la publicación de libros y revistas, el negocio fonográfico con las disqueras Cisne y Melody a principios de los 90 y posteriormente con Fonovisa y Univision Music. Emilio Azcárraga Milmo falleció el 16 de abril de 1997, a los 66 años de edad y lo sucede en la presidencia del Grupo Televisa su hijo, el Sr. Emilio Azcárraga Jean.

El 3 de junio de 2001, Canal 9 se convierte en Galavisión; y el 30 de abril del mismo año, Canal 4 se convierte en 4TV. A partir del primero de enero del 2001, tres meses después de que la empresa cumpliera 50 años, la Vicepresidencia de Imagen Corporativa, modificó algunos aspectos del logotipo; esto obedeció a la necesidad de unificar la identidad de Televisa, de hacer un logotipo contemporáneo y vanguardista, que reflejará los cambios generados desde la llegada del señor Emilio Azcárraga Jean como presidente de Grupo Televisa. Hoy en día es una de las empresas que tiene una amplia gama de servicios como Televisa Cine que produce cine mexicano y distribuye películas nacionales e internacionales. Cablevisión, el sistema de televisión por cable más grande de México. La publicación de Clío, que es un eslabón más en la añeja cadena de historias e historiadores mexicanos. Los servicios de EsMas.com; Red de información por Internet con innovaciones tecnológicas y contenidos informativos de la empresa. Sky que ofrece el servicio de televisión vía satélite. El inmueble deportivo Estadio Azteca, donde organiza eventos deportivos,



1. "Conceptos Básicos de Televisión"

musicales y privados. Televisa Radio donde Grupo Televisa y Grupo PRISA unieron fuerzas para construir un grupo radiofónico.

El Telesistema Mexicano opera 225 estaciones concesionadas y distribuidas de la siguiente manera: 27 repetidoras de la cadena 2, 60 repetidoras de la cadena 5, 18 repetidoras de la cadena 9, 1 del canal 4 de la cd. de México y 19 televisoras locales. Las cadenas se complementan con otras 19 repetidoras independientes afiliadas: 1 de la cadena 2; 6 del 5 y 12 del 9. Además tiene contratos de afiliación para ventas y programación con 13 televisoras locales afiliadas. En su conjunto, sus operaciones incluyen un total de 257 estaciones, de las cuales 225 son propias y 32 afiliadas. La empresa que cuenta con los equipos para ofrecer una nueva tecnología en lo que consideraríamos una segunda evolución, la digitalización completa del sistema de televisión, la HDTV.

A la par de esta empresa, otro consorcio formado por iniciativa privada surgió en los últimos años, se trata de la empresa TV Azteca que logro hace menos de 15 años le fueran concesionados 2 canales de transmisión que antes pertenecían al gobierno. También conocida como Televisión Azteca, fue establecida en 1993 como consecuencia de la privatización de la televisora estatal del Instituto Mexicano de la Televisión ("Imevisión"). El proceso de privatización de Imevisión ocurrió durante el gobierno del presidente Carlos Salinas de Gortari y hasta la fecha existen objeciones sobre la legalidad del proceso, argumentando que Salinas de Gortari eligió al grupo ganador del proceso de venta de acuerdo a sus intereses personales. Un grupo de personas compran junto con Salinas Pliego por 623 millones de dólares los 2 canales y nace tv Azteca, en 1998 se firma un acuerdo con CNI para transmisión de contenidos y ventas. En 2001 lanza Azteca América iniciando en los Ángeles y cubriendo ciudades de los estados unidos como Reno Nevada San Francisco, Oakland, San José, Sacramento, Stockton, Modesto, Houston, alcanzando el 28% del mercado hispano en EU, y para el 2002 se calcula un aproximado del 58% de la población hispana. Tv Azteca opera dos canales a nivel nacional en México:XHDF ("Azteca 13") y XHIMT ("Azteca 7") a través de 315 estaciones propias que transmiten a lo largo de la República Mexicana. Las filiales de TV Azteca incluyen Azteca América, la cadena de mayor crecimiento en Estados Unidos; y Todito.com, portal de Internet para personas de habla hispana. Adicionalmente, TV Azteca opera Azteca Internacional que abarca 13 países en Centro y Sudamérica. Su accionista mayoritario es el empresario Ricardo Salinas Pliego y es la segunda mayor productora de contenidos de televisión en español en México, solamente superada por Televisa. Además de invertir en una nueva televisión de calidad a lo largo del territorio nacional, se ha encargado de tratar de adquirir en su totalidad a el canal 40. A partir del convenio de compartir programación, Salinas Pliego se esforzó por adquirir la mayoría de las acciones de CNI, argumentando la existencia de un acuerdo firmado con la televisora en el que podía representar mas del 50% de acciones del canal. Interrumpe las transmisiones de canal 40 y ofreciendo la absorción de CNI al grupo de TV Azteca toma las instalaciones del cerro del Chiquihuite, esto obliga a las autoridades Federales a intervenir. El conflicto termino en el reestablecimiento de la señal de canal 40 y el pago del canal a Salinas Pliego por un incumplimiento a los acuerdos de adquisición de acciones de CNI.

Existen otras transmisoras de señales de televisión en la Ciudad de México, tal es el caso de la universidad mas grande del país (UNAM) y el Instituto Politécnico Nacional que realizan transmisiones locales en los canales 22 y 11 respectivamente, debido a que no forman parte de un organismo privado no cuentan con los recursos necesarios para adquirir los equipos necesarios para la transmisión de HDTV, pero esto no los deja fuera del desarrollo de las nuevas tecnologías. La UNAM es parte dinámica de las pruebas realizadas por Ingenieros de esta casa de estudios, además de tener ya asignado para el centro de Investigación y desarrollo de Proyectos la tarea de construir un decodificador que haga posible la compatibilidad de las señales de HDTV con los receptores que actualmente hay en nuestro hogar.



1. "Conceptos Básicos de Televisión"

1.3.- Características eléctricas de las señales de televisión comercial monocromática.

Las señales de televisión cumplen con ciertas características para poder ser interpretadas, es decir, la información que nos envían las compañías transmisoras poseen parámetros eléctricos característicos de una señal de televisión, estos parámetros se encuentran registrados en un documento estandarizado en base a normas de transmisión de señales eléctricas. Estas normas recomiendan las características que debe tener un sistema de comunicación, en un televisor requerimos imagen y sonido. Se maneja siempre una señal de video y una de audio, las cuales son adaptadas a parámetros eléctricos de voltaje o corriente que permiten a la información viajar a través del aire desde el transmisor, en el equipo receptor se utiliza un proceso inverso, es decir, se convierten los niveles de voltaje en imagen y sonido.

En este capítulo se marcan los parámetros de una señal de televisión monocromática (blanco y negro) con el objeto de entender la generación de una imagen con audio en el receptor. La generación de una imagen monocromática es 1/3 del procedimiento de imágenes a color y por tanto es necesario entender su funcionamiento básico.

1.3.1-La señal de video monocromática.

Para hablar de una señal de video, debemos pensar que básicamente existen dos señales al mismo tiempo, una que permite generar una imagen y una señal que nos permita producir un sonido (audio). La transmisión de video involucra el envío de la información de audio modulada en frecuencia y la información de imagen modulada en amplitud, las cuales deben ser transmitidas al mismo tiempo y por el mismo elemento (antena).

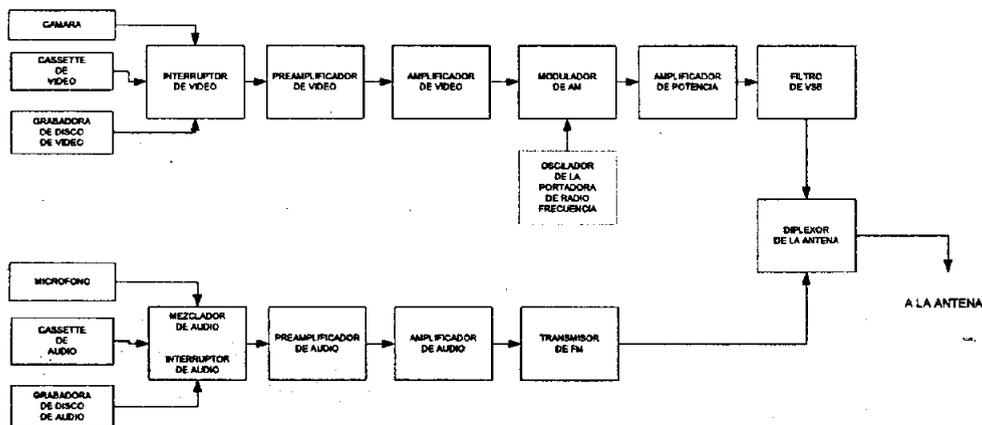


Figura 1-14. Diagrama bloques de un transmisor de señales de TV.

Para evitar que las señales se mezclen se utilizan diferentes modulaciones, se puede hacer que dos informaciones de diferente naturaleza que viajen en el mismo canal asignándoles a una señal una modulación en amplitud y otra señal una modulación en frecuencia, la información de video se limita a las frecuencias por debajo de 4Mhz. y son obtenidas por cámaras de video, cassetes, cintas, etc., la



1. "Conceptos Básicos de Televisión"

información de audio se limita a frecuencias de 15 KHz. y puede generarse en un micrófono, cassette de audio, etc. (Figura 1-14).

Es conveniente enviar las señales juntas en un "paquete" para evitar pérdidas, además de información audio y video debe de llevar señales que le permitan mostrar imagen y audio al mismo tiempo (es decir que ninguno se encuentre atrasado o adelantado), por lo que una señal de video es una señal compuesta por imagen, audio, señalización y la información que permita "borrar" la pantalla para generar una nueva imagen.

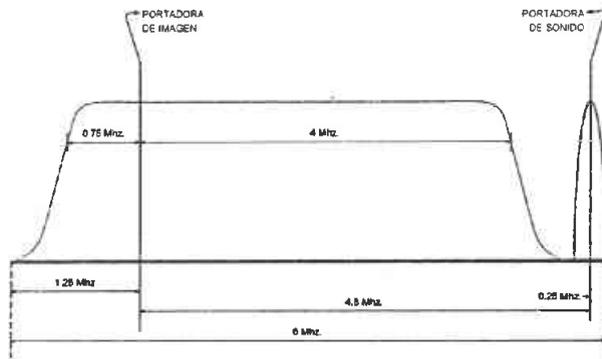


Figura 1-15. Espectro de frecuencia de una señal monocromática.

Canal de TV: 6 Mhz ancho de banda

Portadora de video: Limite inferior +1.25 Mhz.

Portadora de Audio: Limite inferior + 5.75 Mhz

Este "paquete" de señales tiene un tamaño de 6Mhz (Señal de Video compuesta, figura 1-15) para un canal de televisión. La Asignación de canales de radiodifusión de Televisión para México se muestra en la tabla 1-7.

1.3.2.-Asignación de frecuencias y canales para la radiodifusión de TV abierta (Ciudad de México)

ANAL	C	RANGO DE FRECUENCIA (Mhz)	POLARIZACIÓN DE LA ANTENA	PORTADORA DE VIDEO (Mhz.)	PORTADORA DE AUDIO (Mhz.)	POTENCIA DE TRANSMISION REQUERIDA
2		54-60	Horizontal	55.25	59.75	100 Kw.
4		66-72	Horizontal	67.25	71.75	100 Kw.
5		76-82	Horizontal	77.25	81.75	100 Kw.
7		174-180	Horizontal	175.25	179.75	316 Kw.
9		186-192	Horizontal	187.25	191.75	316 Kw.
11		198-204	Horizontal	199.25	203.75	316 Kw.
13		210-216	Horizontal	211.25	215.75	316 Kw.
22		518-524	Horizontal	519.25	523.75	500 Kw.

Tabla 1-7 Características de los canales de TV.

* El radio de transmisión es de aproximadamente 120 km.

** La asignación de frecuencias en diferentes ciudades cambia para evitar distorsión de señales



1. "Conceptos Básicos de Televisión"

1.3.3.- Cuadro Nacional de frecuencias de canales asignados a México por la COFETEL.

CUADRO NACIONAL DE ATRIBUCIÓN DE FRECUENCIAS MÉXICO 1999

MÉXICO MHz	Notas MEX	MÉXICO MHz	Notas MEX
Servicios		Servicios	
54 - 72 FIJO MÓVIL RADIODIFUSIÓN DE TELEVISIÓN VHF		174 - 216 FIJO MÓVIL RADIODIFUSIÓN DE TELEVISIÓN VHF	MEX67 MEX68 MEX69 MEX70 MEX83
	MEX68 MEX67 MEX68 MEX69 MEX70	SS.234	
		470 - 512 FIJO MÓVIL RADIODIFUSIÓN DE TELEVISIÓN UHF	MEX68 MEX69 MEX109 MEX111 MEX114 MEX115 MEX118 MEX149
		SS.292 SS.293	
SS.172 SS.173		512 - 608 FIJO MÓVIL RADIODIFUSIÓN DE TELEVISIÓN UHF	MEX68 MEX69 MEX114
76 - 88 FIJO MÓVIL RADIODIFUSIÓN DE TELEVISIÓN VHF	MEX67 MEX68 MEX69 MEX70 MEX78	SS.297	
SS.185		614 - 806 FIJO MÓVIL RADIODIFUSIÓN DE TELEVISIÓN UHF	MEX68 MEX69 MEX70 MEX114
		SS.293 SS.311	

Tabla 1-8 Asignación de frecuencias según COFETEL.

1.4.- Generación de imagen en el receptor de TV.

Las señales luminosas permiten recibir información con el sentido de la vista, estas señales son básicamente imágenes con una cantidad de luz. En un cuarto oscuro (ausencia de luz) no podemos percibir ninguno de los objetos que se encuentren ahí. Basados en este principio, las imágenes que percibimos son objetos con una cantidad de luz que emiten o reflejan. Las diferentes frecuencias de estas señales permiten percibir los diferentes colores y texturas que caracterizan a los objetos.

Para generar una imagen se requiere luz para poder estimular el ojo humano y que el cerebro lo interprete como una imagen. Una sola imagen en el televisor puede compararse con una fotografía, la fotografía tiene varias intensidades de luz, la televisión reproduce "fotos" las cuales van cambiando poco a poco y al verlas pasar una tras otra se crea el efecto de *movimiento*. Una imagen permanece en la pantalla para crear lo que llamamos un cuadro de imagen, para el efecto de movimiento se deben de capturar un número determinado de cuadros y cambiarlos a cierta velocidad. La generación de una imagen implica tener tres elementos básicos para el televisor: Puntos de información mínima (Señal de video, Luminancia), un sistema que permita generar un cuadro de imagen (Sistema de exploración de la pantalla), un sistema que "cambie" los cuadros de imagen para generar la sensación de movimiento.



1. "Conceptos Básicos de Televisión"

Los receptores de TV tienen en su interior unos puntos de fósforo, cada uno de los cuales produce una cantidad de luz al ser excitados por un haz de electrones, el fósforo tiene un brillo parecido a una luz blanca, mientras mas fuerte choque el haz de electrones el punto de fósforo brillara mas, cuando no incidan electrones permanecerá apagado. Con un fondo oscuro y una cantidad de información luminosa en cada punto de fósforo se puede generar una imagen (Figura 1-16).

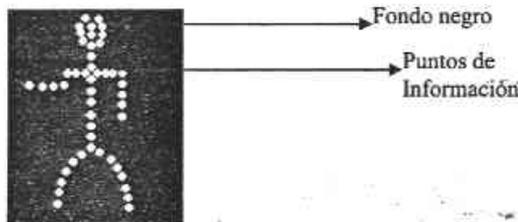


Figura 1-16. Fondo oscuro y puntos de información luminosos

Los equipos de recepción de imagen (cámaras) trabajan con el mismo principio explicado antes, la diferencia es que tienen dispositivos para percibir la cantidad de luz, estos equipos utilizan un material fotoconductor con una resistencia eléctrica proporcional a la cantidad de intensidad luminosa que incide sobre su superficie, es decir, reciben intensidad de luz y lo convierten en una cantidad de voltaje (figura 1-17).

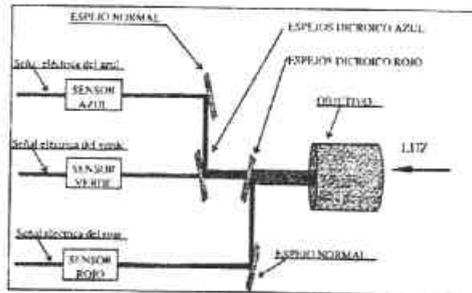


Figura 1-17. Sistema de captación de una imagen a color (Cámara de video).

1.4.1.- Luminancia.

La señal de luminancia es la información de la señal de video que proporciona la información de imagen, es una señal eléctrica variable en proporción a la cantidad de brillantez del fósforo (Figura 1-18). En el receptor de TV. se utiliza un tubo al vacío (tubo de rayos catódicos, TRC), un juego de lentes ópticas y en la superficie más amplia un recubrimiento de pequeños puntos de material fotoemisivo; Este material (fósforo) permite generar luz cuando es excitado por un haz de electrones, cada uno de estos puntos se denomina elemento de imagen y es la información mínima de la señal de video. Para un receptor en blanco y negro se tiene un recubrimiento de miles de puntos de fósforo del mismo color, de acuerdo a la intensidad del flujo eléctrico que los excita producen un brillo, los puntos negros (apagados) grises y blancos vistos desde cierta distancia hacen posible percibir un cuadro de imagen como el que se ve en la siguiente figura (1-19), la imagen muestra varias intensidades de los luminifósforos (fósforos que emiten luz) que puede apreciarse mejor con un acercamiento.



1. "Conceptos Básicos de Televisión"

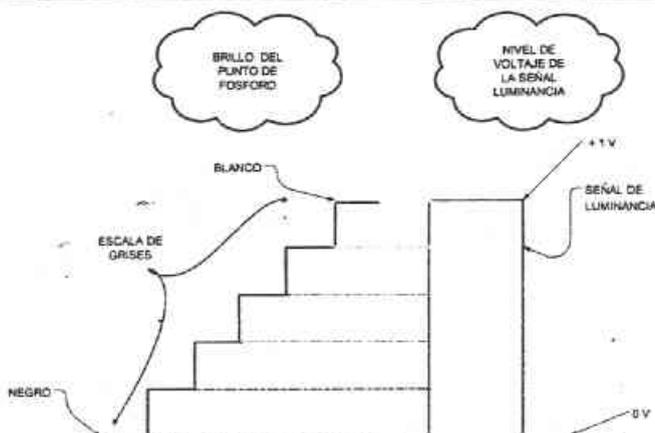


Figura 1-18. Brillo del fósforo correspondiente al nivel de voltaje.

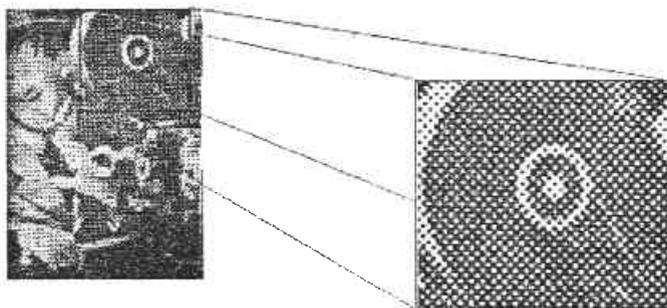


Figura 1-19. Imagen generada a partir de puntos de iluminación.

Cada punto de fósforo que es excitado por el haz de electrones permanece encendido por un periodo corto de tiempo, la capacidad de emitir luz durante determinado tiempo se conoce como persistencia, después de ser excitado permanece encendido (microsegundos) y se "apaga". Se requiere de un haz de electrones excitar los luminifósforos, este es emitido por un cañón que se encarga de acelerar partículas y "soltarlas" hasta que estas chocan con la pared del TRC que está cubierta de fósforo, la aceleración que reciben será proporcional a la intensidad de luz que deben generar en la pantalla. No se pueden excitar todos los puntos al mismo tiempo con solo un cañón de electrones, pero si se debe excitar todos los puntos de una imagen en un periodo de tiempo que no exceda el tiempo de persistencia del fósforo.

1.4.2.- Exploración de la pantalla.

Cada imagen es una serie de estos puntos de diferente brillantez y por lo tanto son todos en un instante un cuadro de imagen. Para poder generar todo el cuadro de imagen se debe de excitar cada uno de los



1. "Conceptos Básicos de Televisión"

correspondientes puntos de fósforo pero no podemos poner un cañón de electrones para cada luminofósforo.

Con un cañón de electrones, el procedimiento es desviar el haz de electrones hacia cada punto de fósforo, este desvío debe ser muy rápido considerando la persistencia del fósforo (figura 1-20). La pantalla se distribuye en un conjunto de líneas horizontales y un conjunto de líneas verticales, la exploración es el procedimiento mediante el cual se debe recorrer toda la superficie que genera la imagen, se realiza con un movimiento de forma horizontal de izquierda a derecha para una línea, se hace un movimiento vertical al final y un regreso hacia el extremo izquierdo, esto nos posiciona en una nueva línea; algo parecido a la forma en que podemos leer una página.

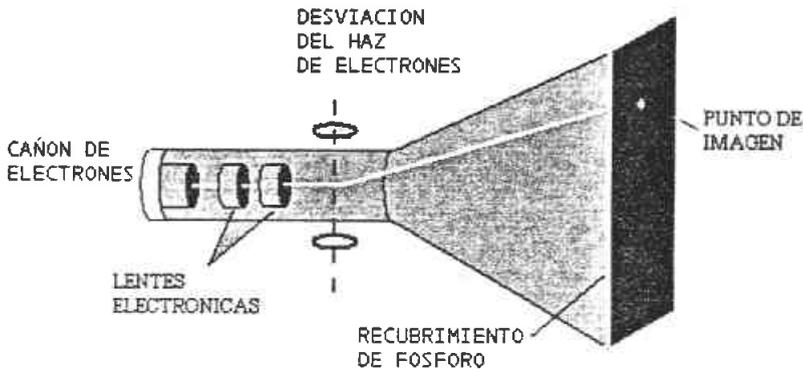


Figura 1-20. Elementos básicos de un Tubo de Rayos Catódicos monocromático.

Una pantalla se explora con una serie de líneas horizontales siguiendo una secuencia una debajo de otra, desde la esquina superior izquierda y diagonalmente al extremo derecho, a la parte que está recorriendo el haz de electrones se le denomina porción activa de la línea de exploración, ya que en este momento las señales eléctricas se convierten en imagen.

Una vez que se alcanza el extremo derecho se regresa de inmediato al lado izquierdo de la pantalla, además de un movimiento hacia abajo (la línea siguiente), el tiempo que tarda en regresar el haz de electrones al extremo derecho se le conoce como *retrasa horizontal*. Cuando se han recorrido todas las líneas verticales, es decir que el haz de electrones llega a la esquina inferior derecha, este regresa a la esquina superior izquierda y se repite el procedimiento. El tiempo que tarda el haz de electrones desde el extremo inferior derecho hasta el extremo superior izquierdo de la pantalla se le conoce como *retrasa vertical*. Cuando se han completado la retrasa vertical y las retramas horizontales podemos hablar de que se han explorado todos los puntos de información que posee la pantalla. De tal manera que se ha podido generar una imagen estática en el receptor, pero se deben repetir los mismos procedimientos para poder generar de la misma forma otro cuadro de imagen, la generación de una imagen estática en la pantalla es conocida como cuadro y para crear la sensación de movimiento se deben generar un aproximado de entre 20 y 30 cuadros cada segundo. Siguiendo este principio se pueden calcular las velocidades tanto horizontal como vertical para la exploración de la pantalla.



1. "Conceptos Básicos de Televisión"

Cuando se realizan las retrasas, no existe información sobre la pantalla, es decir que solo sirven para colocar el haz de electrones en la posición adecuada para la exploración de la siguiente línea de video. El número de elementos de información dispuestos en una línea constituyen la parte esencial de la generación de imagen, se asignaron un total de 525 líneas para la exploración horizontal para un cuadro de imagen, para funciones prácticas se decidió dividir el cuadro de imagen en dos campos de 262.5 líneas horizontales cada uno. Es decir, primero se explora un campo de información y después el segundo campo, a este sistema se le conoce como exploración entrelazada basado en un campo con puras líneas pares y un segundo campo con todas las líneas impares (figura 1-21).

La exploración horizontal produce un movimiento de izquierda a derecha y la exploración vertical produce un movimiento de arriba hacia abajo. La exploración vertical se realiza a una velocidad de 60 Hz. y por lo tanto se generan 30 cuadros en un segundo que evitan que el ojo humano perciba parpadeos o cambios de un cuadro a otro.

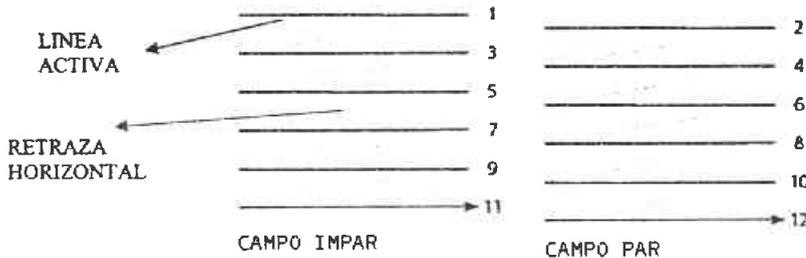


Figura 1-21. Campos de exploración entrelazada.

Debido a la exploración entrelazada el campo impar explora la mitad de las líneas del total de la pantalla en 1/60 de segundo, el campo par explora la pantalla cuando ha finalizado la exploración impar y recorre las 262.5 líneas restantes con la misma velocidad de 1/60 de segundo, generando una sola imagen o cuadro en 2/60 de segundo, es decir 525 líneas en una frecuencia de 30 Hz. Con este tipo de exploración se permite disminuir el parpadeo que percibe el ojo debido a que el tiempo transcurrido entre dos iluminaciones sucesivas es más corto, pues en la mitad de intervalo de tiempo han sido iluminados puntos vecinos, además se reduce un efecto denominado "ola", debido a la persistencia del ojo veríamos una franja más iluminada que el resto de las líneas de imagen. La velocidad de desplazamiento del haz en el sentido horizontal es de 525 líneas (un cuadro) de información 30 veces en un segundo, una aproximación de la velocidad de exploración horizontal de 525 líneas * 30 cuadros = 15,750 Hz. y para cada línea de información es (1/15725 Hz.) aproximadamente 60 microsegundos.

1.4.3.-Forma de onda de exploración horizontal.

La desviación del haz de electrones debe realizarse de forma que los movimientos horizontal y vertical sean coordinados, esto evita que una imagen se vea amontonada o distorsionada. El principio de la desviación de un haz de electrones es por medio de campos magnéticos, estos son generados por unas bobinas situadas en el exterior del TRC. Para la dirección del haz de electrones se utiliza lo que se llama reflexión magnética utilizando bobinas que permiten a la corriente eléctrica originar un cambio de dirección del haz por efecto de un flujo magnético. La fuerza del flujo magnético jala al haz de exploración



1. "Conceptos Básicos de Televisión "

de izquierda a derecha y de arriba abajo con un movimiento uniforme, es decir, un cañón de electrones orientado al centro de la pantalla (TRC) producirá un punto luminoso si no existe reflexión del haz. La señal de exploración tiene una pendiente positiva que mueve el haz de izquierda a derecha en un movimiento suave y constante, la inclinación negativa genera un campo con polaridad opuesta, por lo que el haz de electrones es jalado al lado izquierdo de la pantalla en lo que conocemos como retraso, la corriente mas negativa corresponde al lado izquierdo de la pantalla y la corriente mas positiva al lado derecho, durante la línea activa de exploración y cuando la corriente es cero el haz se encuentra en el centro de la pantalla, cuando ocurre la retraza no hay información de video por lo que el tiempo de duración debe ser muy pequeño; El tiempo de una línea de señal activa mas el tiempo de la retraza se denomina línea de exploración y su duraciones de 63.5 microsegundos (figura 1-22).

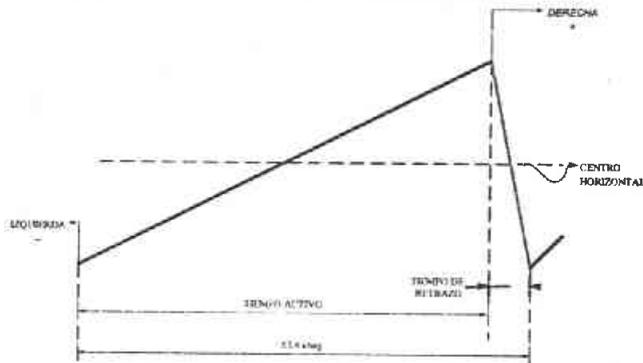


Figura 1-22. Señal de exploración horizontal

1.4.4.-Forma de onda de exploración vertical.

La onda de exploración vertical es similar a la señal de exploración horizontal, la parte superior de la pantalla corresponde a una reflexión negativa y la inferior a la mas positiva, el centro de la pantalla corresponde a una corriente igual a cero en las bobinas, cada ciclo corresponde a una exploración vertical mas su retraza con una duración de 16.7 milisegundos (figura 1-23).

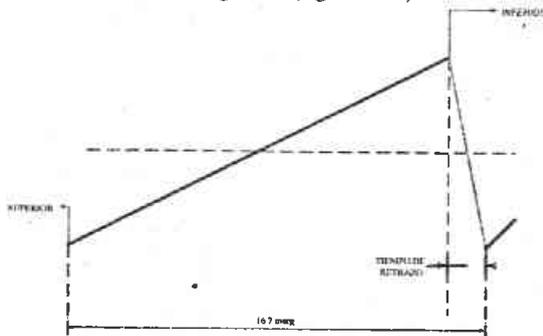


Figura 1-23. Señal de exploración vertical



1. "Conceptos Básicos de Televisión"

1.4.5.- Exploración completa de la pantalla.

El movimiento de ambas desviaciones produce la exploración completa, la velocidad de la señal horizontal es mas alta que la vertical y la sincronía entre estas permite una imagen correcta en la pantalla, considerando el numero de líneas y la división de ésta en 2 campos para generar un cuadro de imagen (exploración entrelazada), podemos resumir que el campo impar genera las primeras 262.5 líneas de la pantalla en una exploración vertical y las 262.5 líneas pares se realizan en la siguiente exploración vertical.

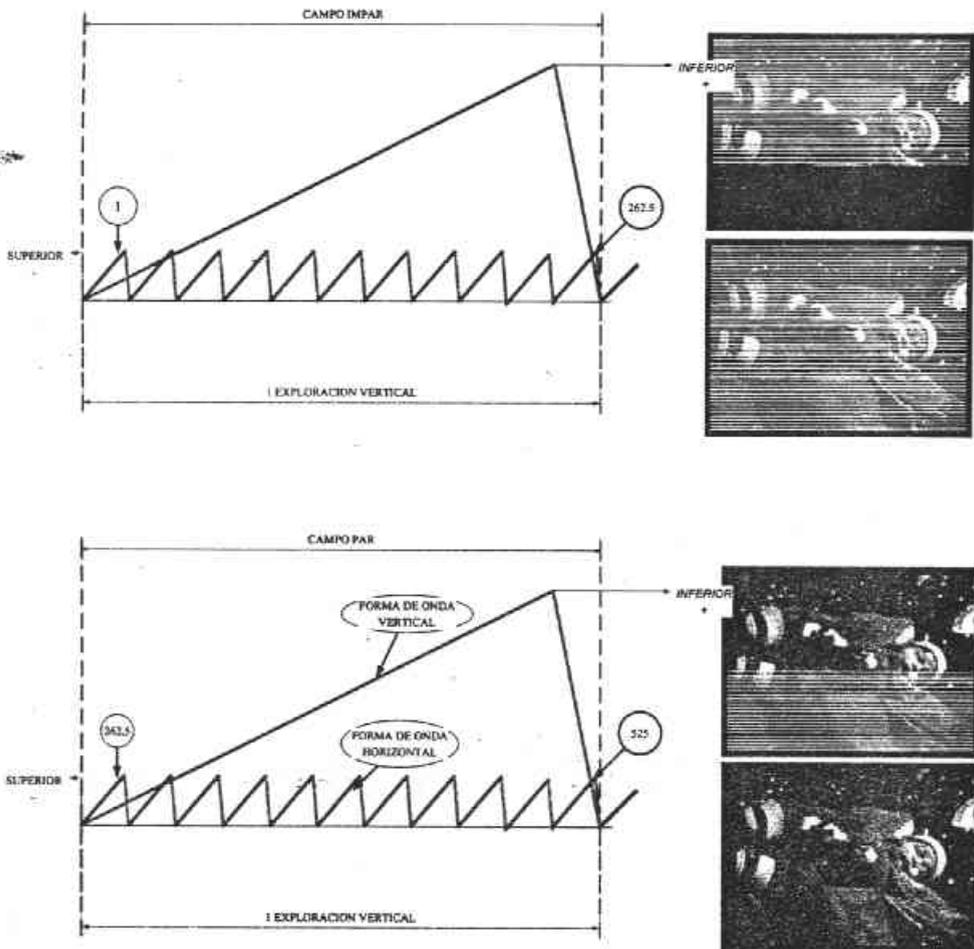


Figura 1-24 Generación de una imagen completa mediante los dos campos entrelazados



I. "Conceptos Básicos de Televisión"

1.4.6-Pulsos de sincronización.

Las señales de información deben ser enviadas al receptor en forma de líneas, cada una de las cuales contendrá ciertos parámetros de luminancia, el sistema de exploración entrelazado permite que la pantalla genere una imagen, pero si no sabemos cual es la primer línea de información podremos generar una imagen pero sin la correcta colocación de la información, es decir, necesitamos indicadores para colocar la información del transmisor en la línea correcta de exploración, necesitamos pulsos de sincronismo.

Los pulsos de sincronismo se utilizan para que la información del transmisor sea idéntica a la generada en el receptor, se debe considerar una serie de señales que indiquen la posición horizontal y vertical de reproducción de la información, considerando las frecuencias de trabajo de los sistemas de exploración requerimos un pulso de sincronización horizontal de 15,750 Hz para la sección horizontal y un pulso de sincronización de 60 Hz. para la sección vertical; estos pulsos deben generarse en el receptor y compararse con los que envió el transmisor.

Se incluyen los pulsos horizontales para identificar cuando termina la información de una línea y el inicio de otra, un pulso de sincronismo para las líneas deberá tener una separación de 63.5 microsegundos (duración de una línea de exploración horizontal), para identificar donde comienza un campo de exploración pondremos un pulso de sincronismo vertical con una separación de 16.7 microsegundos. Los pulsos de línea y de campo se insertan en la señal de video en los tiempos que ocurren las retrazas.

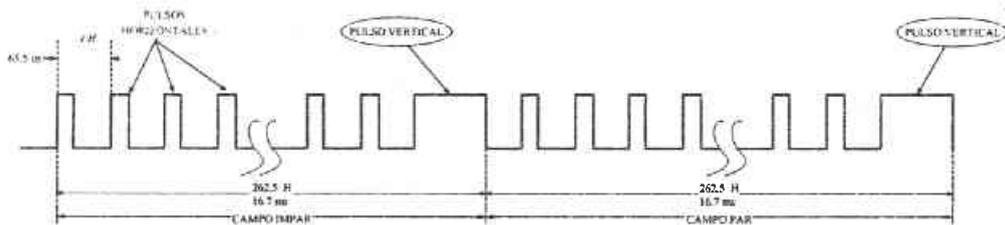


Figura 1-25. Pulsos de sincronía horizontal y vertical.

Se agregan otras señales con una amplitud cero para asegurar que el receptor sea "blanqueado" durante los tiempos de retraza verticales y horizontales, no tienen información y por lo tanto no generan puntos de brillantez en la pantalla. Estos son todos los elementos necesarios para la generación de imagen, se necesita combinarlos en un paquete de imagen, en lo que se llama señal de video compuesta.

1.4.7-La señal de video compuesta.

Cuando hablamos de una señal de video compuesta consideramos que posee todos los parámetros necesarios para ser transmitida, por lo que también podrá ser reproducida en nuestros televisores. Esta señal es la suma de algunas señales antes vistas y permite la transmisión de información correcta entre los transmisores y receptores. Partiendo de la señal de sincronización, tenemos una serie de pulsos de amplitud y duración enviados por el transmisor, en el receptor se generan pulsos idénticos para sincronizar el receptor con el transmisor. Los pulsos de sincronización no deben llevar información de video, se considera un nivel de voltaje "abajo" del nivel de luminancia para los pulsos de sincronía, la señal de



1. "Conceptos Básicos de Televisión"

luminancia producirá un brillo proporcional a la cantidad de voltaje para cada una de las líneas del receptor considerando como referencia el nivel de negro.

Una señal de video debe contener la información de luminancia entre los pulsos de sincronía horizontal, este tiempo es igual a la porción activa de la forma de onda de exploración, el tiempo de retraso horizontal es el tiempo de blanqueo (figura 1-26). Para determinar la cantidad de brillantez de luminancia se considera el rango de valores entre el nivel de negro y el nivel de blanco, desde el nivel de negro y hasta el nivel de sincronismo es el nivel de los pulsos de sincronía. La magnitud de esta señal desde sincronismo hasta el nivel de blancos es de 1 v.p.p (voltio de pico a pico) y es una escala normalizada por el IEEE (Instituto de Ingenieros Eléctricos Electrónicos) asignaron 160 unidades para la señal de video.

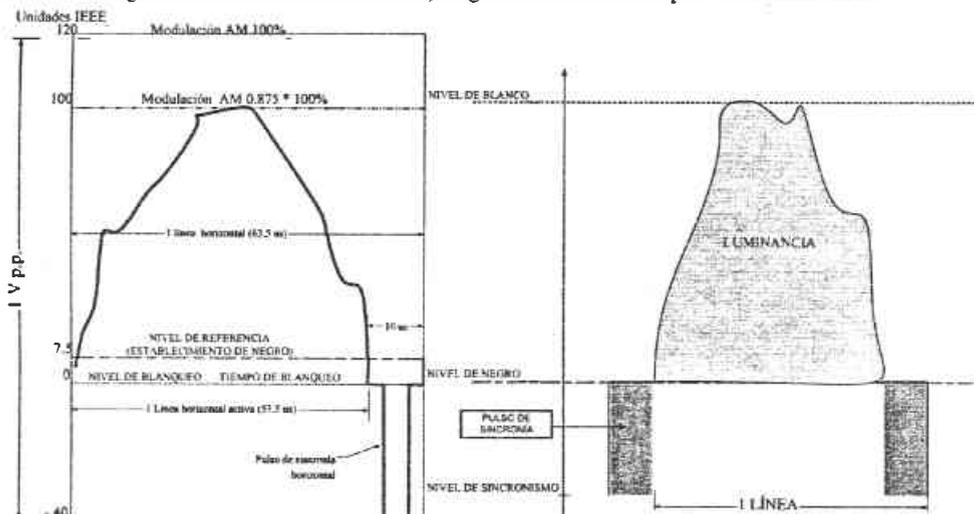


Figura 1-26. La señal de video compuesta.

Las unidades para video monocromático son conocidas como unidades IEEE, el nivel de brillantez (blanco puro) es de 120 unidades IEEE, las señales menores al nivel de negro de referencia no generan brillantez y podríamos considerar un nivel "más negro que el negro", estas unidades son 7.5 y corresponden a un nivel de blanqueo; las señales de sincronismo tienen un nivel de 0 a -40 unidades IEEE., es decir que el pulso sincronizado está por debajo del nivel de negro y no genera brillantez, además de que ocupa el 25 % del total de la señal de video. La brillantez ocupa el 75% de la escala IEEE y se extiende de 0 a 120 unidades, la escala en 120 unidades IEEE corresponde al 100% de la modulación de AM de la portadora de RF, para asegurar que no se genere sobremodulación establecieron modular el AM de la portadora a un 87.5% equivalente a 100 unidades IEEE. La señal de video compuesta tiene 100 unidades IEEE de luminancia y 40 unidades IEEE para los pulsos de sincronismo.

1.4.8- Pulsos de blanqueo.

El tiempo de blanqueo sirve para permitir que la señal de luminancia regrese al nivel de negro independiente del lugar en que se encuentre, para las líneas de exploración horizontal el tiempo es de



1. "Conceptos Básicos de Televisión"

aproximadamente $0.16 H$ (9.5 a $12 \mu\text{seg.}$); el tiempo activo de la línea es de $0.84 H$ (52 a $54 \mu\text{s}$). Este pulso se puede dividir en tres tiempos característicos:

- A) Entrada frontal -Tiempo aproximadamente $0.02 H$ ($1.5 \mu\text{s}$), entre el comienzo del tiempo de blanqueo y el borde delantero del pulso de sincronía, permite a la señal llegar al nivel de negro desde cualquier punto del margen de video.
- B) Pulso sincronizado -Tiempo de aproximadamente $0.08H$ ($4.7 \mu\text{s}$), la señal utilizada para el sincronismo y coincide con el final de la línea de video.
- C) Entrada trasera.- Aproximadamente $0.06 H$ ($4.0 \mu\text{s}$), esta entre el borde atrasado del pulso sincronizado y el final del tiempo de blanqueo, es un tiempo extra para el retorno del haz con la finalidad de asegurar el correcto comienzo de una nueva línea.

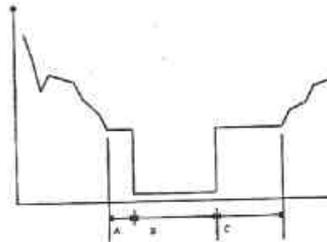


Figura 1-27. Pulso de blanqueo.

Para las líneas de exploración vertical, comienza con seis pulsos ecualizantes, el pulso de blanqueo vertical y seis pulsos ecualizantes mas. Los pulsos ecualizantes permiten una transición correcta y sincronizada entre el campo par e impar, tienen una frecuencia de 31.5 kHz. , el doble de la frecuencia de exploración horizontal; por lo tanto, los 12 pulsos ecualizantes equivalen en tiempo a $6H$, los pulsos sincronizados verticales tienen duración de $3H$. y el tiempo total de blanqueo vertical es de $9H$.

La duración del campo par (una exploración vertical) es de $1V$ o 16.7 ms , tiempo suficiente para 262.5 líneas de exploración horizontal de las cuales, el pulso de blanqueo ocupa 21 líneas ($1333 \mu\text{s}$); se tienen 249.5 líneas de exploración horizontal activas para la generación de imagen, 9 para blanqueo vertical y en las líneas 10 a 21 de blanqueo vertical se envían señales de prueba o algún servicio adicional como texto en la imagen.

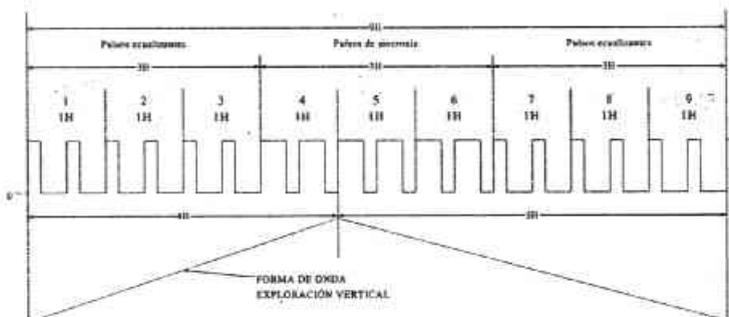


Figura 1-28. Pulso de blanqueo vertical.



1. "Conceptos Básicos de Televisión"

1.4.9.-Señal de video compuesta en Radiofrecuencia.

La señal de video esta completa, pero falta adecuarla al medio de transmisión, sin esta adecuación la señal de video no podría recorrer grandes distancias y estaría expuesta a perturbaciones magnéticas. Razón por la cual se selecciona una señal de transporte (portadora), en este caso la portadora será modulada en amplitud, la AM hace que el ancho de banda de la señal se duplique teniendo dos bandas laterales idénticas con la misma información; se utiliza una banda lateral vestigial, con la parte de modulación negativa ya que proporciona un buen nivel de portadora en los niveles de sincronismo, los pulsos de ruido en la señal incrementan la portadora hacia el negro, utiliza menos potencia de transmisión y se pueden generar con mas frecuencia imágenes con mayor brillantez que imágenes oscuras.

En la siguiente imagen se pueden apreciar la modulación de la señal compuesta en AM., resaltan las características de forma para los pulsos de sincronía, niveles de blanqueo y luminancia de la señal. La frecuencia de la portadora cambiara para cada canal, es decir, una señal de video del canal 2 tendrá la misma forma que la señal de video del canal 13, pero la frecuencia de la señal portadora será diferente, para el canal 2 la frecuencia será de 55.25 Mhz. y para el canal 13 la portadora tendrá una frecuencia de 211.25 Mhz.

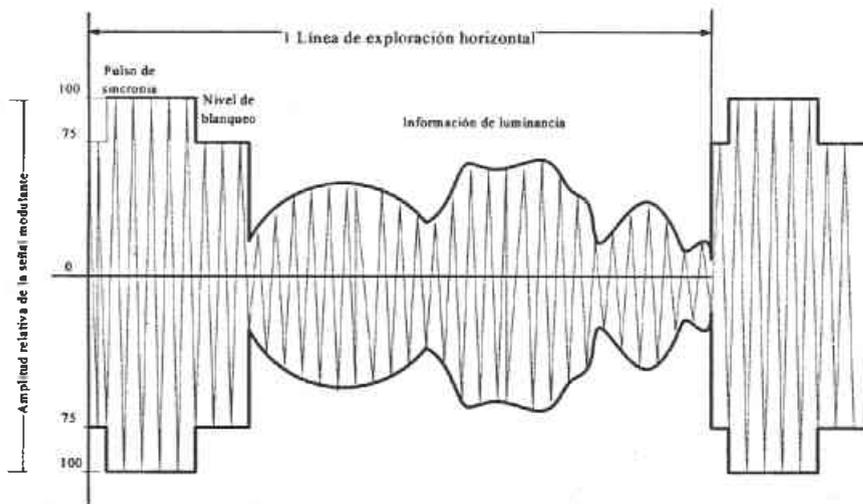


Figura 1-29. Modulación de AM para la señal de video

La señal de luminancia nunca excede del 87.5% de la modulación de AM. mientras que los pulsos de sincronía se encuentran en el 100% de señal relativa.

Junto a esta señal de video se debe transmitir el audio, se agrega una señal de FM con una segunda portadora de RF de 5.5 Mhz por encima de la portadora de video y con una desviación de 50 KHz.(figura 1-30), considerando la frecuencia portadora de video agrega la portadora de audio al mismo canal y se transmiten las dos señales por la antena (figura 1-31).



1. "Conceptos Básicos de Televisión"

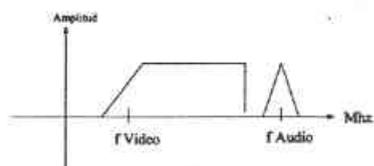


Figura 1-30. Espectro de frecuencia de la señal de video y audio.

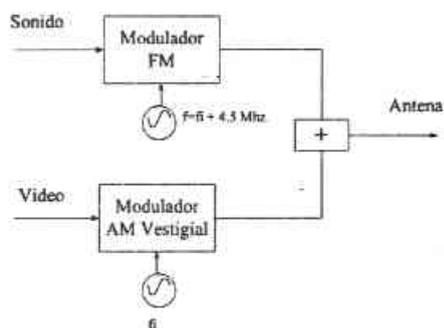
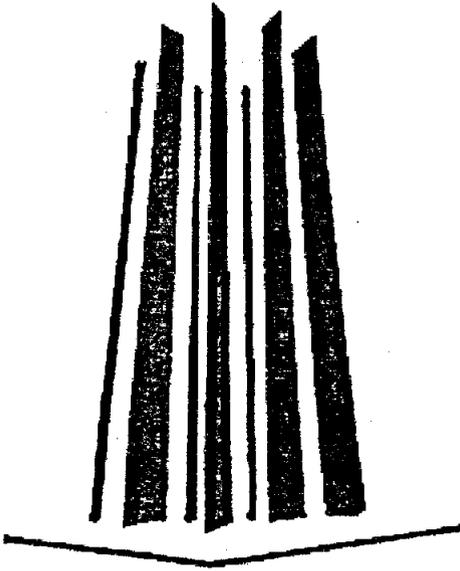


Figura 1-31. Moduladores de AM y FM para las señales de video y audio respectivamente.



FES "ARAGÓN"

Capítulo 2



2. "Sistema de Televisión a color en México"

Capítulo 2. "Sistemas de Televisión a Color en México"

2.1- Transmisión a color.

Las señales de video monocromáticas han sido explicadas con anterioridad, pero, los sistemas de televisión existentes trabajan con transmisiones a color. La primera evolución de los sistemas de televisión fue la transmisión a color, el incluir más señales de información requirió de una compatibilidad con la transmisión monocromática existente; es decir, no se podían desplazar todos los receptores monocromáticos existentes de forma inmediata, así que debían existir ambos sistemas para diferentes receptores. Las señales de TV en color deben ser capaces de producir una imagen normal en blanco y negro en un receptor monocromático sin ninguna clase de modificación en el receptor de televisión. Inversamente, un receptor de color debe ser capaz de producir una imagen en blanco y negro a partir de una señal monocromática. Por tanto, un sistema de transmisión en color debe contener la información monocroma, los impulsos de sincronismo y la interportadora de sonido de la misma forma que se realiza en la transmisión normal de señales monocromáticas. La información adicional del color tiene que incluirse sin interferir con la señal compuesta monocromática. Además, la señal de color debe ocupar el mismo ancho de banda que se permite para la transmisión monocromática. Para entender como se realiza el proceso de generación de imágenes a color en el receptor, es necesario explicar algunos conceptos de generación y mezcla de colores con base a la luz visible por el ojo humano.

2.1.1- Teoría del color.

A) Luz visible.

El espectro Electromagnético tiene toda una variedad de frecuencias de señales, el ojo es capaz de percibir algunas de estas señales como una cantidad de luz. La luz visible es una onda electromagnética similar a las ondas de radio, los rayos X y el resto de las radiaciones. Ocupa una banda estrecha del espectro de ondas electromagnéticas, las ondas de luz que inciden en el ojo humano pasan a través de la pupila, la cual enfoca la imagen en la retina, situada en la parte posterior del ojo, la retina cuenta con una zona sensible a las ondas electromagnéticas incluidas en la banda de la luz visible que convierte la energía electromagnética en una información adecuada que se traslada al cerebro mediante las numerosas fibras del nervio óptico.

El ojo tiene un funcionamiento similar a una cámara de televisión, el cristalino funciona como un sistema de lentes, el iris es un diafragma ajustable y la retina es analógica a una pantalla. La luz entra a través de una capa transparente llamada cornea, la cantidad de luz que se permite pasar es controlada por el iris (se expande o contrae según la cantidad de luz), y el cristalino enfoca la imagen sobre la retina. La retina contiene un gran número de células sensibles a la luz. Unas de estas células se conocen como bastones y son sensibles al brillo (o luminancia) solamente, mientras que otras conocidas como conos son sensibles al color (o crominancia) solamente. El número de bastones sobrepasa al número de conos en una proporción de 20 a 1 y son alrededor de 10,000 veces más sensibles. Por tanto, el ojo reacciona predominantemente a la luminancia de una imagen en color. La gama de colores que podemos percibir van desde el violeta para la menor longitud de onda visible (380 nm) hasta el rojo para la mayor (780 nm).



2. "Sistema de Televisión a color en México"

B) Colores primarios.

Todos los objetos tienen "color", pero esto es debido a las características de la luz que incide en él, recordemos que en ausencia de luz no podemos ver ningún objeto. Las radiaciones luminosas que nosotros percibimos no son monocromáticas, sino que contienen una distribución espectral más o menos ancha (policromática) como por ejemplo la del sol o la de una bombilla, debido al resultado de reflejarse o transmitirse esa luz en un cuerpo. Los objetos tienen un determinado color porque producen una reflexión de la luz que depende de la frecuencia, un objeto iluminado con una luz blanca tiene color verde porque refleja la radiación correspondiente a las longitudes de onda de la zona de los verdes (o una radiación equivalente) y no refleja (absorbe o transmite) el resto.

La sensación de luz tiene tres partes, en primer lugar, la cantidad de luz o cuán brillante es la radiación, la luminancia; en segundo lugar el tono o matiz que indica el color, si es rojo, verde, azul, etc. y por último la pureza o saturación que indica si es un color claro o intenso. Por ejemplo, el rosa es un color rojo poco saturado, rojo mezclado con luz blanca y hay dos tipos de mezclas de color, la aditiva y la sustractiva. Veamos entonces como determinamos el tono de un objeto; los conos se dividen en tres tipos diferentes. Un tipo se ha especializado en el rojo, el otro en el verde y el tercero en el azul. Estos colores se conocen como colores primarios. Los otros colores, que no son primarios, se perciben a través de la activación o excitación en dos o tres clases de conos simultáneamente. Por ejemplo, la sensación de amarillo se consigue al producirse excitación en los conos del rojo y del verde simultáneamente. El resto de colores se puede producir por las diferentes mezclas de los colores primarios. En general, todos los colores pueden ser producidos mediante la suma de las cantidades apropiadas de estos tres colores primarios: rojo (R), verde (G) y azul (B). Esto se conoce como mezcla aditiva y se puede producir casi cualquier color añadiendo rojo, verde y azul en diferentes proporciones. El efecto aditivo se obtiene superponiendo los colores individuales. La mezcla aditiva es la que se produce cuando la radiación resultante (la radiación de dos o más fuentes, el resultado en el ojo es una sensación de un nuevo color). Hay diferentes vías para mezclar aditivamente varios colores pero la que se utiliza en los sistemas de televisión es la denominada Yuxtapuesta por puntos (composición de puntos), consiste en puntos pequeños de diferentes colores y próximos entre sí vistos a suficiente distancia para que el ojo realice la integración espacial y la persistencia de las imágenes proporciona el efecto de mezcla de color.

La idea de la adición de colores está ilustrada en la lámina de color. Los tres círculos de rojo, verde y azul se solapan parcialmente. Donde se superponen los círculos, el color mostrado es la mezcla producida por adición de los colores primarios. En el centro, los tres círculos de color se superponen y resulta el blanco. Donde solamente se añaden verde y azul, el resultado es una mezcla azul verdosa llamada cian. Unas personas pueden considerar este color como azul o quizá turquesa. Sin embargo, el nombre con que se conoce esta mezcla verde-azul es ciano.

Cuando sólo se añaden rojo y azul, el color rojo azulado que resulta se llama magenta. Este color es análogo al violeta o al púrpura, pero el magenta tiene más rojo. El amarillo es una mezcla aditiva de color con aproximadamente las mismas partes de rojo y de verde. Más rojo y menos verde producen naranja. De la misma manera, prácticamente todos los colores naturales se pueden producir como mezclas de rojo, verde y azul, incluyendo los colores llamados neutros, tales como blanco y gris. Los colores primarios se combinan para formar diferentes mezclas. La única condición es que no se pueda volver a crear el primario mezclando los otros primarios. El rojo, el verde y el azul son los colores primarios utilizados en televisión a causa de que producen un amplio margen de mezclas de color cuando se les combina.



2. "Sistema de Televisión a color en México"

Por tanto, rojo, verde y azul son primarios aditivos. Ejemplos de las mezclas aditivas de colores serian:

Amarillo = R + G

Magenta = R + B

Ciano = B + G

Blanco = R + G + B

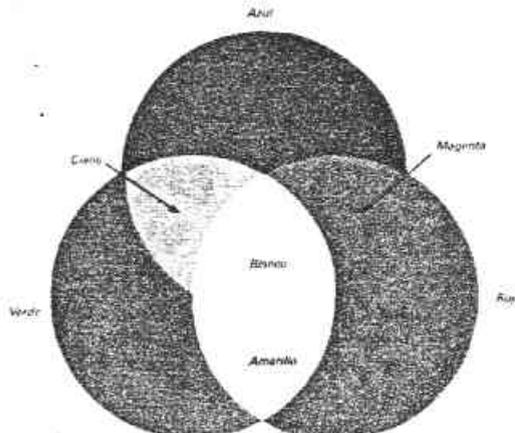


Figura 2-1. Colores primarios y su mezcla aditiva.

C) Colores complementarios.

El color que produce el luz blanca cuando es añadido a un primario es el complemento del primario. Por ejemplo, el amarillo, cuando se añade al azul, produce luz blanca. Por tanto, el amarillo es el complemento del primario azul. El hecho de que el amarillo más el azul sea igual al blanco es consecuencia de que el amarillo es una mezcla de rojo y verde. Por tanto, la combinación de amarillo y azul realmente incluye a los tres primarios. Análogamente, el magenta es el complemento el-verde, y el ciano es el complemento del rojo también los colores complementarios ciano, magenta y amarillo se denominan respectivamente menos rojo, menos verde y menos azul porque cada uno puede ser producido como luz blanca para darnos el primario correspondiente. Los componentes de los colores complementarios son:

Ciano = azul + verde

Magenta = rojo + azul

Amarillo = rojo + verde

Por ejemplo, si el amarillo se añade al azul, entonces, $\text{Amarillo} + \text{Azul} = (\text{Rojo} + \text{Verde}) + \text{Azul} = \text{Blanco}$.

Los colores también se pueden producir por el proceso conocido como mezcla sustractiva. Por ejemplo, el amarillo se puede producir restando azul al blanco. Como el blanco, $W = R + G + B$, entonces:

$W - B = (R + G + B) - B = \text{Amarillo}$

Similarmente,

$W - G = R + B = \text{magenta}$. $W - R = G + B = \text{ciano}$ y $W - R - G - B = \text{negro}$ (la ausencia de color).



2. "Sistema de Televisión a color en México"

D) El triángulo de color.

Un triángulo de color puede ser utilizado para representar la crominancia contenida en una imagen en color. En el triángulo de color, el blanco puro se representa por el punto W en el centro del triángulo, mientras que los otros colores se representan por los fasores (o vectores) que se extienden desde el centro W a un punto en el interior del triángulo. Los fasores que van a los tres vértices del triángulo WR, WG y WB, representan los colores primarios puros (rojo, verde y azul).

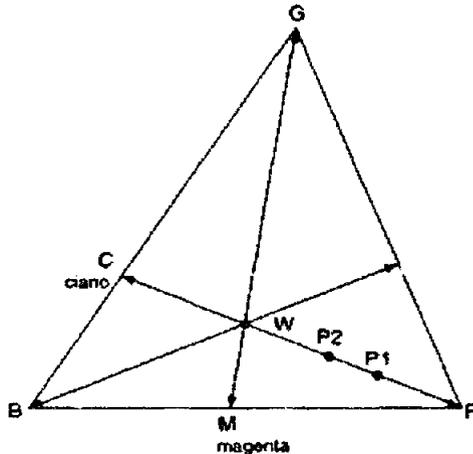


Figura 2-2. El triángulo de color

Cualquier otro color está representado por otros fasores adecuados. Por ejemplo, el amarillo se representa por el fador WY con el punto Y situado entre los componentes primarios rojo y verde. Similarmente, para el ciano (WC) y para el magenta (WM). La desaturación se obtiene cuando se añade blanco a un color puro. Por ejemplo, si se añade el blanco al rojo, se produce un rojo desaturado o rosa. En el triángulo de color, esto se representa por el movimiento a lo largo del fador WR desde el rojo puro R, hacia el blanco W. Por tanto, el punto P1 representa el rojo desaturado o rosa siendo WPI su fador representativo. Una gran desaturación produce un fador muy corto WP2 que representa el rosa pálido, y así sucesivamente. Mientras la longitud de un fador representa la saturación, su dirección o ángulo representa su matiz. El matiz denota el componente primario principal de un color. Por ejemplo, el rosa tiene al rojo como su color primario principal, así pues, el fador WP está en fase con el rojo puro WR. El amarillo, por otro lado, tiene dos componentes primarios, rojo y verde. En consecuencia, el fador WY está entre el rojo puro WR y el verde puro WG. De la misma manera sucede para los otros colores tales como el ciano y el magenta. De ello se deduce que para la representación del componente de la crominancia de una imagen en color, hay que tener en cuenta dos características principales: El matiz, que denota su lugar en el espectro de color como, por ejemplo, el rojo, el limón, el marrón verdoso y el púrpura, y la saturación tal como el rosa, el verde pálido, el azul oscuro y otros colores pastel.

Los sistemas de televisión utilizan estos principios para capturar imágenes a color y para reproducirlas, en las cámaras de televisión utilizan una mezcla sustractiva, es decir, pasan la luz proveniente de una imagen por tres filtros, uno R, un B y un G; al final se obtienen 3 señales de diferente color con características



2. "Sistema de Televisión a color en México"

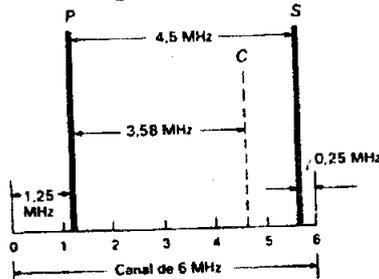
eléctricas correspondientes a su magnitud de intensidad. En el receptor se utiliza el principio aditivo, es decir, se produce la información de cada color y después se utiliza un procedimiento para "sumar" las intensidades de los diferentes colores.

2.2.- Las señales de televisión bajo el estándar NTSC.

El sistema de televisión de color pionero fue el propuesto por la National Television System Committee y cuya puesta en marcha se produjo en 1953, fue el primer sistema compatible con la norma M del CCIR; las características de los parámetros de transmisión y recepción son descritos a continuación.

2.2.1.- Ancho de banda.

La transmisión de las señales del canal de televisión tiene un ancho de banda de 6MHz, para la transmisión de lo que se conoce como audio y video asociado. El ancho de banda de 6MHz es necesario principalmente para la señal portadora de imagen. La amplitud de esta señal portadora es modulada por la señal de video con un amplio margen de frecuencias video de hasta aproximadamente 4MHz. Para la transmisión de señales de tele en color se utiliza una subportadora de color de 3.58MHz que contiene la información de crominancia. La portadora de sonido es una señal de 4.5Mhz. modulada en FM por frecuencias de audio comprendidas en el margen de 50 a 15000 Hz.



P- Portadora de imagen (AM)

S- Portadora de sonido (FM)

C- Subportadora de color

Figura 2-3. Ancho de banda y frecuencias de las señales para un canal NTSC

NTSC: National Television System Committee

- | | |
|------------------------------------|--|
| *Relación de aspecto de imagen: | 4 horizontal * 3 vertical |
| *Número de líneas horizontales: | 525 entrelazadas 2 a 1 |
| *2 Campos por cuadro | |
| *Frecuencia de barrido vertical: | 2 campos / cuadro X 30 cuadros / segundo |
| *Frecuencia de barrido horizontal: | 525/cuadro X 30 cuadros / segundo |
| • F.I. video = 45.75 Mhz | |
| • F.I. Audio = 41.25 Mhz | |



2. "Sistema de Televisión a color en México"

2.2.2.- Exploración de la pantalla.

La frecuencia de campo y de barrido vertical es de 60 Hz. El número de líneas de barrido horizontal de un campo es la mitad del total de 525 líneas de un cuadro completo (sistema NTSC), es decir 262.5 líneas horizontales para cada campo y el número de líneas por segundo es de $262.5 \times 60 = 15750$ líneas por segundo.

La frecuencia de 15,750 Hz es la velocidad con que el haz electrónico completa su ciclo de movimiento horizontal de izquierda a derecha y vuelve a la izquierda nuevamente el número de líneas de exploración de una imagen completa debe ser grande con el fin de que incluya el mayor número posible de elementos de imagen y, por consiguiente, más detalles. Sin embargo otros factores limitan el barrido, y ha sido normalizado en un total de 525 líneas para un cuadro o imagen completa, éste es el número óptimo de líneas de barrido por cuadro para el ancho de banda de 6 MHz de los canales de TV(NTSC).

Para lograr la continuidad del movimiento se utilizan mínimo 24 cuadros por segundo, para el sistema de TV la velocidad de repetición es de 30 cuadros por segundo. Como la velocidad de repetición de imágenes es de 30 por segundo el problema del parpadeo con los altos niveles de iluminación que se producen en la pantalla del tubo de imagen cada cuadro se divide en dos partes, de modo que se presentan 60 vistas de la escena durante cada segundo, empleando para ello el entrelazado de líneas en dos grupos; uno para líneas impares y otro de las líneas de número par. A cada grupo de líneas pares o de líneas impares es lo que se denomina un campo.

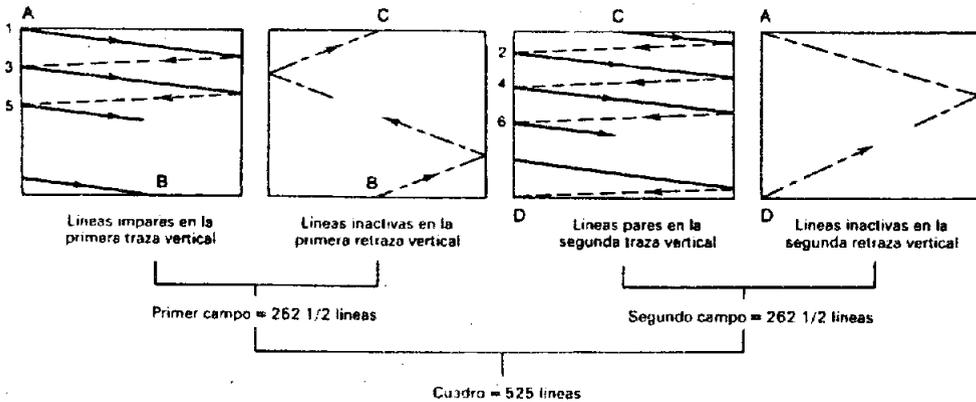


Figura 2-4. Campo par e impar entrelazados para generar un cuadro de imagen.

Se le llama exploración al recorrido que se realiza para la generación de una imagen de video estática en la pantalla, para evitar que la imagen pierda un elemento que la forma es necesario que las etapas Horizontal y Vertical se encuentren coordinadas en tiempo a lo que se le llama sincronía. La información de video se va generando en el receptor de acuerdo a la línea de información que se transmite por el canal de televisión, a la igualación de intervalos de cada uno de los barridos se debe agregar unas líneas que permitan borrar lo generado y que la imagen se refresque completa.



2. "Sistema de Televisión a color en México"

A) Sincronía horizontal.

Cuando el haz electrónico barre la pantalla del tubo de imagen en el receptor, el barrido debe de estar completamente sincronizado para que ensamble la posición de imagen en la posición correcta. De otra manera el haz electrónico puede estar explorando en el tubo de la imagen una parte de la pantalla, mientras que ese tiempo se está recibiendo la información de imagen que corresponde otra parte. Para lograr la sincronía en el transmisor y el receptor, se deben incluir en la información de imagen, señales de sincronización especiales.

Las señales de sincronización son pulsos rectangulares que se transmiten como parte de la señal de video para el receptor, pero ocurren durante el tiempo de borrado cuando no se transmite información de imagen. Estos quedan borrados mientras retrocede el haz electrónico. La anchura del impulso de borrado horizontal es de $0.14H$ a $0.18H$ tomando el valor de 17.5% típico obtenemos $0.175 * 63.5 \mu\text{seg} = 11.1 \mu\text{seg}$. Superpuestos a los impulsos de borrado se encuentran los impulsos de sincronía horizontal más estrechos, cada impulso de sincronía horizontal es de $4.7 \mu\text{seg}$. Durante el tiempo de borrado se inserta un pulso de sincronía. La parte inmediatamente al pulso de sincronía se llama pórtico frontal y la parte que sigue al pulso de sincronía se llama pórtico posterior.

B) Sincronía vertical.

Los pulsos de borrado vertical cambian la amplitud de la señal de video hasta el nivel de negro por lo que el haz es suprimido durante las retrazas verticales. La duración del pulso de borrado vertical es de $0.05v$ a $0.08v$, donde $V=1/60\text{seg}$. Si se toma el valor máximo el tiempo de borrado vertical es $0.08 * 1/60 = 1333 \mu\text{Seg}$. El tiempo de $1333 \mu\text{seg}$ es suficiente para incluir varias líneas horizontales completas. Si dividimos el tiempo de borrado vertical de $1333 \mu\text{seg}$ entre el tiempo de duración de la línea de $63.5 \mu\text{seg}$ obtenemos 21 líneas. Esto se puede interpretar de la siguiente manera; por cada campo son borradas 21 líneas, o sea, que en un cuadro son borradas 42 líneas. La sincronía vertical se encuentra ubicada dentro del tiempo de borrado vertical y esta conformada por 18 pulsos divididos en 3 grupos de 6 pulsos insertados en la señal de video compuesta durante el tiempo de borrado vertical.

El periodo de borrado vertical comienza con un grupo de seis pulsos igualadores o equalizadores que están espaciados a intervalos de media línea. Luego siguen los pulsos de sincronía vertical que realmente son los que producen el retorno vertical de los circuitos de exploración. Las hendiduras se producen a intervalos de media línea. Por consiguiente, el tiempo total de sincronía vertical tiene una duración de tres líneas. A continuación de los 6 pulsos de sincronía vertical hay otro grupo de seis pulsos igualadores y un tren de pulsos horizontales. Las tres partes de la señal video compuesta son: la señal de video correspondiente a las variaciones de luz en la escena, los impulsos de sincronización o sincronismo para la exploración y los impulsos de borrado que hacen invisibles las retrazas. La señal de video está combinada con el impulso de borrado. Luego se añade el sincronismo para producir la señal video compuesta y el resultado es la señal para una línea horizontal de exploración. Para la televisión en color son añadidas la señal de crominancia de 3.58 MHz y el impulso de sincronismo de color o "Burst".

C) Las unidades IRE.

Las unidades IRE (Institute of Radio Engineers) es la escala de los osciloscopios estandarizados donde se comprueba la amplitud de la señal de video con polaridad negativa, esta señal de video compuesta en la escala total IRE incluye 140 unidades, con 100 por encima de cero y 40 por debajo. La amplitud pico a



2. "Sistema de Televisión a color en México"

pico de la señal video compuesta contiene 140 unidades IRÉ. De las 140 unidades totales IRÉ, 40 (o aproximadamente el 29 %) son para sincronismo. Todos los impulsos de sincronismo tienen la misma amplitud, la cual es el 29 % de la señal video pico a pico.

Los picos de negro de las variaciones de la señal están separadas del nivel de supresión de negro en 7.5 unidades IRÉ, que es aproximadamente el 5 % del total. Esto se hace con el fin de asegurarse de que las señales de la subportadora de color, cuyo nivel se aproxime al de negro en la señal de cámara, no interfieran con las amplitudes de sincronismo.

El nivel máximo de blanco de las amplitudes de la señal se aproxima a 100 unidades IRÉ. Por tanto, el nivel del negro se ajusta en 7.5 unidades para que difiera del nivel de borrado. Restando el nivel del negro del nivel correspondiente al máximo blanco, el resultado es $100 - 7.5 = 92.5$ unidades IRÉ para las variaciones de la señal de cámara. Esta cantidad es el 66 % del total de 140 unidades IRÉ. Una imagen real consiste en elementos que tienen diferentes cantidades de luz y sombra con una distribución no uniforme en las líneas horizontales y en los campos verticales. Cuando hay movimiento en la escena, la señal video contiene una sucesión de tensiones continuamente cambiantes. Dentro de cada línea la amplitud de la señal de cámara varía para diferentes elementos de la imagen. Por otra parte, las formás de onda de la señal de cámara para las líneas cambian dentro del campo.

Las formás de onda resultantes se pueden observar en osciloscopio u oscilogramás de una señal de video típica en. Esta señal corresponde a la rejilla de control del tubo de imagen. Tiene una amplitud de 100 V p-p y polaridad negativa de sincronismo. En los oscilogramás de la señal de cámara se puede observar que las variaciones aparecen borrosas o confusas cuando cambian con el movimiento en la escena. Sin embargo, la traza en el osciloscopio aparece inmóvil para los impulsos de borrado H y sincronismo a una frecuencia fija de 15.750 Hz o de 60 Hz para los impulsos V. La frecuencia de barrido horizontal interna de los osciloscopios se ajusta preferentemente en la mitad de estas frecuencias, para presentar una señal video ya sea para dos líneas.

D) Frecuencia de línea.

Cuando el barrido del osciloscopio está ajustado en $15.750/2 = 7875$ Hz, se verán dos líneas H de la señal video. Cuando la escena muestra como ejemplo de movimiento horizontal, las variaciones de la señal de cámara se manifiestan en la pantalla del osciloscopio entre los impulsos H.

E) Frecuencia de campo.

Cuando el barrido del osciloscopio está ajustado en $60/2 = 30$ Hz, se ven dos campos de señal video. Cualquier movimiento vertical en la escena aparece como movimiento de las señales de cámara a través de la traza entre los impulsos de sincronismo. Las líneas que se extienden de arriba abajo del sincronismo vertical están producidas por el Sincronismo horizontal.

2.2.3- Principios de la Transmisión.

La transmisión en color incluye de forma simultánea las componentes de luminancia y crominancia de una imagen en color. La señal de luminancia Y se transmite directamente de la misma forma que se hace en el sistema monocromático. En cuanto a la componente de crominancia, primero hay que «purificarla»



2. "Sistema de Televisión a color en México"

mediante la extracción de la componente de luminancia de cada color primario, resultando lo que se conoce como señales diferencia de color: R-Y, G-Y y B-Y

Como la señal de luminancia es $Y = R + G + B$, entonces solamente se necesitan dos señales diferencia de color para transmitirse; éstas son R - Y y B - Y. La tercera señal diferencia de color (G - Y) se recupera en el extremo receptor desde las tres componentes transmitidas Y, R - Y y B - Y.

Como $Y = R + G + B$, entonces: $R = (R - Y) + Y$, $B = (B - Y) + Y$ y $G = Y - R - B$

El concepto importante es la forma con que esta información adicional deberá estar compartiendo el mismo lugar que la televisión blanco y negro, es decir, R - Y y B - Y se deben añadir a la señal monocromática sin que cause ningún tipo de interferencia. Para hacer esto, se utiliza la modulación de la amplitud en cuadratura (QAM en inglés) sobre una frecuencia portadora separada de 3.58 MHz. de color se utilizan entonces para modular a las dos portadoras con R - Y modulando OV y B - Y modulando OU. Como en el caso de la modulación de amplitud ordinaria, cada portadora modulada produce dos bandas laterales de frecuencias, una a cada lado de la portadora. VR1/VR2 y UB1/UB2 que corresponden a bandas laterales de frecuencias para las señales diferencia de color del rojo y azul, respectivamente. Las portadoras en sí mismas no contienen información y, por tanto, se suprimen dejando las frecuencias laterales solamente. Cada par de frecuencias laterales VR1/VR2 y UB1/UB2 produce la resultante de los fasores diferencia de color resultantes: E(R - Y) y E(B - Y) respectivamente. Los dos fasores diferencia de color conservan los 90° o diferencia de ángulo en cuadratura. Esto sucede porque una frecuencia común de 3,58 MHz se utiliza en ambas portadoras. Las dos señales diferencia de color (R - Y) y (B - Y) en sí mismas producen un fasor de crominancia resultante OC. A pesar de que la portadora en sí misma se ha suprimido, el fasor resultante tiene la misma frecuencia que la portadora suprimida. Este fasor de crominancia corresponde al fasor asociado con el triángulo de color, con su longitud (o amplitud) representando la saturación y su ángulo (o fase) el matiz. El ancho de banda de la información de crominancia se limita, aproximadamente, a 1 MHz en cada banda lateral de la portadora de color que, ahora, se conoce como E(R-Y) y *JE(B-Y).

A) Codificación de color.

Las señales de video R, G y V se combinan en proporciones específicas en la matriz de color para generar la brillantez (luminancia), la señal de video Y y las señales de video cromáticas (color) I y Q. La señal de luminancia es una señal de video monocromática; las señales I y Q moduladas en cuadratura producen la señal de color total C. La señal I modula la subportadora en el modulador balanceado, mientras que la subportadora Q modula a la misma frecuencia pero en cuadratura (90° fuera de fase "Quadrature"). Las señales I y Q se combinan en forma lineal para producir una señal en Amplitud de Cuadratura (QAM), la cual es la combinación de amplitud y fase. La señal C se combina con la señal Y para producir la señal de video compuesta total. La señal de luminancia Y se forma combinando 30% de la señal de video R, 59% de la señal de video G y 11% de la señal B.

$$Y = 0.30 R + 0.59 G + 0.11 B$$



2. "Sistema de Televisión a color en México"

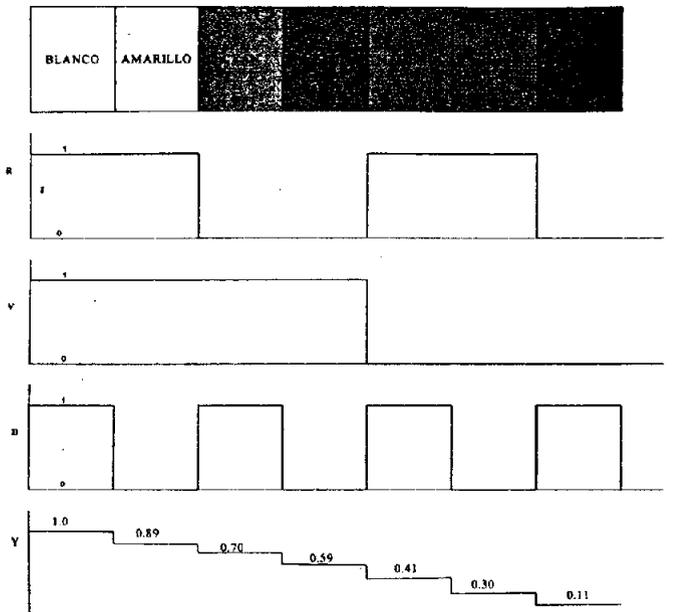


Figura 2-5. Señal de Barras de color mezclando colores primarios y luminancia correspondiente.

Los valores de voltaje de Y son los valores de luminancia relativos correspondientes a cada color, si no se usan componentes de color, el receptor percibe desde el blanco, gris y negro en el ultimo extremo. Lo que garantiza la no interferencia de la señal de color con la monocromática. La señal Y se transmite con un ancho de banda de 0 a 4 Mhz., para minimizar la interferencia con la señal de color de 3.58 Mhz. la señal Y se transmite a 3.2 Mhz.; la señal I se transmite con un ancho de banda de 1.5 Mhz. y Q se transmite con un ancho de banda de 0.5 Mhz, los receptores de televisión limitan las señales de I Y Q a un ancho de banda de 0.5 Mhz.

La señal de crominancia C es una combinación de las señales de color I y Q, la señal I se genera combinando 60 % de la señal de R, 28 % de la señal de video G invertida y 32 % de la señal de video B invertida, es decir, la señal $I = 0.60 R - 0.28 G - 0.32 B$.

La señal Q o señal de color en cuadratura de genera combinando 21% de la señal de video R, 52 % de la señal de video G invertida y 31 % de la señal de video B; matemáticamente $Q = 0.21 R - 0.52 G + 0.31 B$. I y Q se combinan para formar C, debido a que las señales están en cuadratura C tendrá una magnitud de $C = \sqrt{I^2 + Q^2}$ y la fase es $\tan^{-1} (Q/I)$.



2. "Sistema de Televisión a color en México"

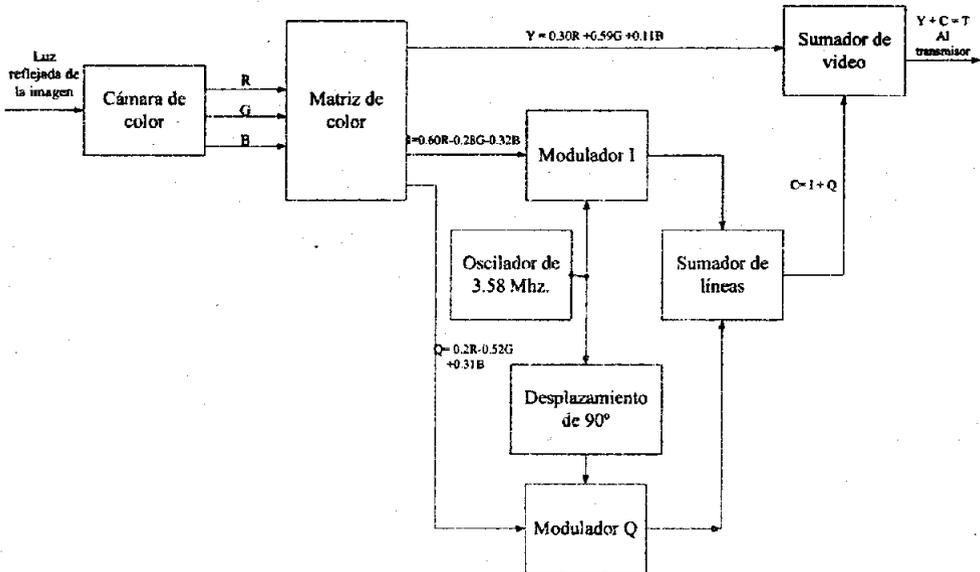


Figura 2-6. Diagrama a bloques de un generador de señales Y, I y Q

Las amplitudes de las señales I y Q son proporcionales a las señales de video R, G y B, por lo que se utiliza un círculo de color para denotar en función de I y Q. El matiz o tono de color se determina por la fase de la señal C y la profundidad o saturación es proporcional a la magnitud C, el círculo de color corresponde en su perímetro al valor relativo de I utilizado para todas las ecuaciones de generación de color.

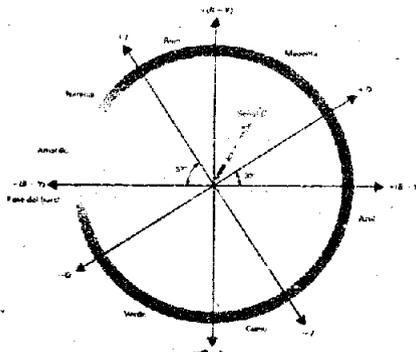


Figura 2-7. Círculo de color para la crominancia



2. "Sistema de Televisión a color en México"

B) Entrelazado de frecuencias.

La subportadora de color se elige para que esté incluida en el espectro de frecuencias monocromáticas con el fin de evitar un incremento en el ancho de banda de la transmisión de TV. Por tanto, hay un solape entre la crominancia y parte de las señales de luminancia (las cuales pueden crear la imagen en un receptor monocromo sintonizado para una transmisión en color). Esta interferencia se evita mediante la utilización del entrelazado de frecuencias.

Cuando el espectro de frecuencia de una señal de TV se examina en detalle, se encuentra que la distribución de frecuencias no es uniforme. Las frecuencias tienden a recogerse en grupos centrados alrededor de los armónicos de la frecuencia de línea. Esto sucede porque parte de la señal de video compuesta que esta modulando la portadora de video incluye los impulsos de sincronismo de línea, los cuales son de forma cuadrada y sirven como marca, contienen un número infinito de armónicos. Estos armónicos producen frecuencias laterales en cada banda lateral de la portadora alrededor de la cual se agrupa la información de video. Además, la amplitud de estas frecuencias laterales es progresivamente menor a medida que nos apartamos de la portadora de video. Para que las interferencias con la señal monocromática sean mínimas, la subportadora debe situarse entre dos grupos. La subportadora es en sí misma modulada en amplitud por la señal de crominancia y, por tanto, produce frecuencias laterales de la misma con grupos similares en cada banda lateral de la subportadora, centrados alrededor de los armónicos de la frecuencia de línea. Con una elección de la subportadora para que se sitúe entre dos grupos monocromáticos, los grupos de crominancia caerán entonces en los espacios entre los grupos producidos por la señal monocromática, esto se conoce como intercalado o entrelazado de frecuencias.

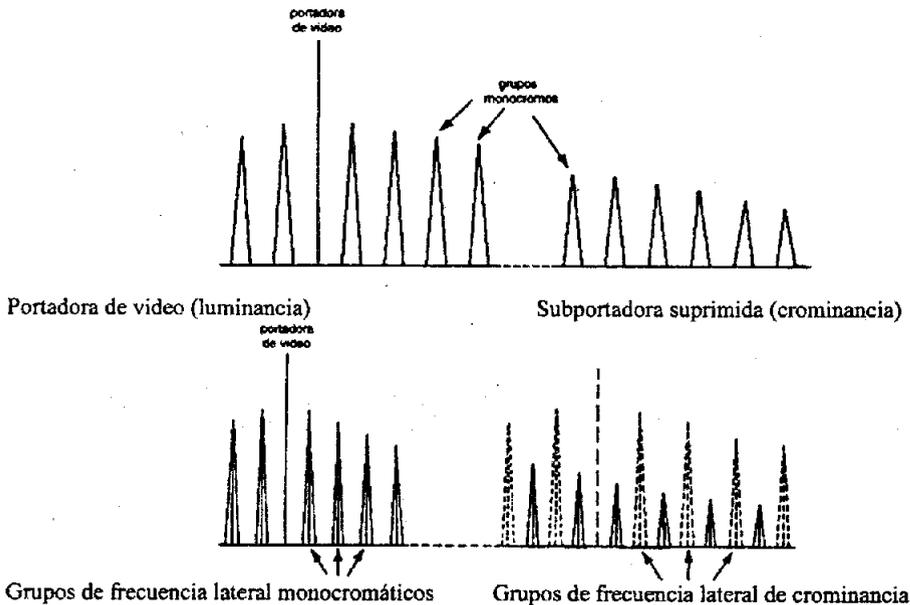


Figura 2-8. Entrelazado de las frecuencias de la luminancia y subportadora de color.



2. "Sistema de Televisión a color en México"

C) La señal de color compuesta.

La subportadora modulada se añade a la señal de luminancia (monocromática) para formar la señal de color compuesta. La subportadora modulada aparece como una onda senoidal superpuesta a la señal monocromática que cambia en amplitud y fase. La amplitud de la subportadora representa la saturación. Por tanto, un color completamente saturado se representa por una amplitud máxima de la subportadora y el blanco y negro por una amplitud nula de la subportadora. El matiz, por otra parte, se representa por el ángulo de fase de la subportadora. Para determinar el ángulo de fase, se transmite una señal de sincronismo de color de cerca de 10 ciclos de la subportadora original para utilizarla como referencia en el receptor. Esta señal de sincronismo de color se sitúa en el umbral posterior del sincronismo de línea. La fase de la señal de color modulada se compara entonces con la de la subportadora regenerada para proporcionar una medida del ángulo de fase y, por tanto, del matiz. La ausencia de la señal de sincronismo de color indica una transmisión en blanco y negro.

La fase de la subportadora de color de 3.58 Mhz. es la fase de referencia, por lo tanto debemos enviar una señal de referencia en la señal de video compuesta. Estos ciclos de sincronismo se conocen como Ráfaga de color o señal de "Burst". En el extremo receptor, la ráfaga se elimina y utiliza para sincronizar un oscilador local de 3.58 Mhz.

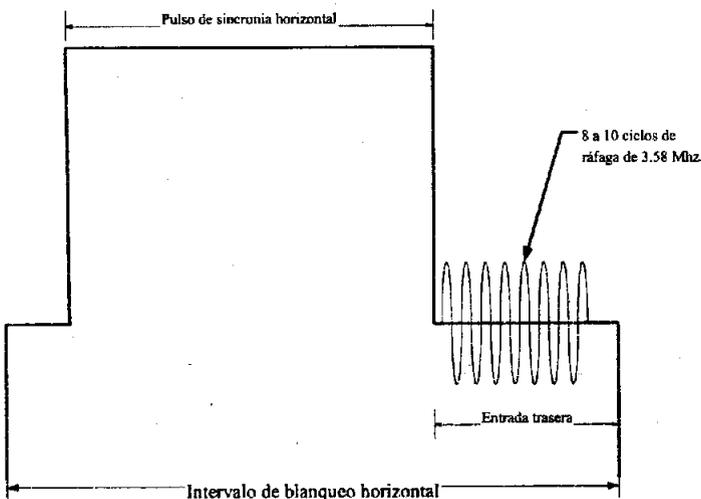


Figura 2-9. Intervalo de blanqueo horizontal (negativo) y una ráfaga de 3.58 Mhz.

Para las informaciones de crominancia o de luminancia, las componentes de alta frecuencia de la señal video determinan la cantidad de detalles horizontales que pueden ser reproducidos en la imagen; las señales de crominancia ocuparan el mismo espacio que la señal de luminancia determinándose que pueden exceder el nivel de amplitud máximo en un 33%, esta señal compuesta tiene una forma como la que se muestra en la siguiente figura, el sistema de televisión es compatible en receptores blanco y negro y los de color, debido a que la señal de video compuesta original de televisión monocromática se transmite con una señal de crominancia dentro del mismo espectro de frecuencia y sin interferir.



2. "Sistema de Televisión a color en México"

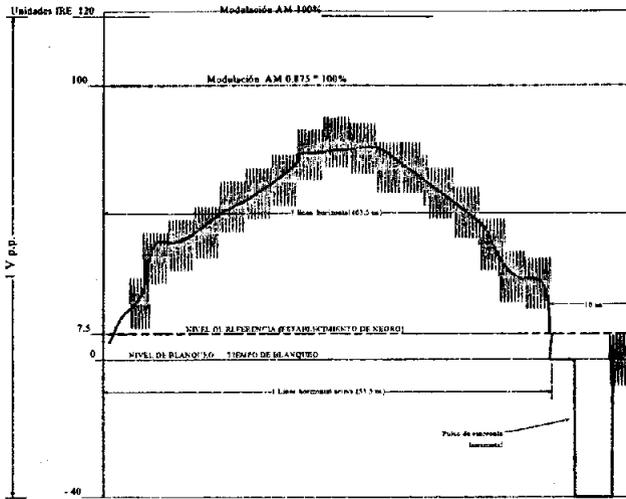


Figura 2-10. Señal de video compuesta: Señal de Luminancia, Señal de Crominancia y Señal de Busrt

D) Transmisión de sonido.

Los sistemas de sonido en televisión forman parte de un sistema audiovisual, deben producir una sensación auditiva al mismo tiempo que se percibe una imagen; es decir, están asociados con una señal de video. Para introducirnos en los sistemas de sonido usados en T.V, vamos a ver primero las bases de un sistema de sonido independiente que nos ayudará a comprender posteriormente los sistemas de sonido que forman parte de un sistema audiovisual, se trata del sistema de radiodifusión FM estéreo.

Los sistemas de radiodifusión FM se encargan de emitir el sonido en frecuencias de 87.5 MHz a 108 MHz, para emisión comercial. El nombre que recibe este sistema viene del hecho de que la modulación seleccionada para transmitir el sonido es la modulación de frecuencia (FM).

Los parámetros típicos de la difusión de FM comercial son:

Ancho de banda de la señal moduladora	De 30Hz a 15KHz
Desviación de frecuencia	75KHz
Ancho de banda de transmisión	$2(D+a) W = 2 (75/15+2) 15 = 2 \text{ KHz}$
Preénfasis	75µs

Tabla 2-1. Parámetros de la señal de audio analógico

Las transmisiones de FM han evolucionado tratando de ofrecer una mejor calidad en los servicios de audio, se puede considerar que existen dos tipos de servicio de transmisión de FM, el monofónico y el estereofónico.



2. "Sistema de Televisión a color en México"

FM monofónica.- Este tipo de servicio es denominado así porque toda la información de audio viaja en un solo canal, es decir, toda la información independientemente de su frecuencia o tono es capturado por un solo dispositivo (un sólo micrófono), el receptor producirá toda la variedad de sonidos utilizando un sólo canal para reproducirla, básicamente se modula en FM una portadora de frecuencia entre 87.5 y 108 MHz con un sólo canal de sonido de unos 15 KHz de ancho de banda. El diagrama a bloques de un sistema que posee un solo canal de audio es el siguiente:

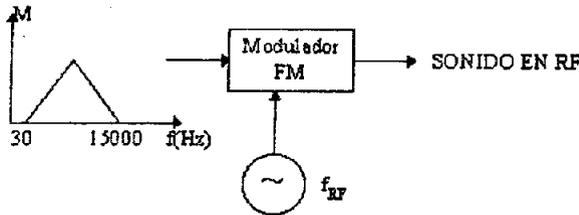


Figura 2-11. Diagrama de un canal de sonido monofónico.

FM estereofónica.- Para aumentar la sensación de realidad del sonido recibido por el oyente desarrollaron un diseño con un mayor número de canales de audio, la radiodifusión estereofónica, que consiste básicamente en recoger el sonido por medio de micrófonos situados en los lados izquierdo y derecho de la misma. A la hora de reproducir dicho sonido se debe ofrecer al oyente ambos canales, para que así pueda tener mayor sensación de estar escuchando la escena en directo. Este sistema tiene sentido cuando se están grabando escenas que emiten sonidos por todo el escenario, por ejemplo un concierto, y pierde su utilidad cuando un locutor habla por un solo micrófono. La codificación de la emisión estereofónica debe cumplir con dos condiciones :

- * Codificar y transmitir los canales derecho (R) e izquierdo (L) de sonido de la escena.
- * Codificarlos de tal forma que el receptor monofónico pueda seguir recibiendo un solo canal, equivalente al monofónico (Debe mantener la compatibilidad).

Para cumplir con las condiciones necesarias, las señales que se codifican no son directamente L y R, son las señales mezcla de ambas: L+R y L-R. La señal suma será la información la que el receptor monofónico recibirá como señal única, y será también la que con la señal diferencia permitirá al receptor estéreo decodificar L y R. Ambas señales se modulan en FM, al igual que en el sistema anterior, con una portadora de radiofrecuencia. La señal L+R es la que va a servir para guardar la compatibilidad con el sistema monofónico, por tanto debe modularse de la misma forma y ocupa la parte baja del espectro.

La información de L-R debe agregarse a la señal compatible, antes de sumarse a L+R debe sufrir una modulación previa para garantizar que no interfiera con la señal compatible. Dicha señal se modula en Doble Banda Lateral con portadora suprimida de 38 KHz. y ya modulada se suma a L+R (en banda base); para identificar que la señal es de tipo estereofónica se incluye un tono, modulándose el conjunto en FM con la portadora de radiofrecuencia. Para demodular L-R sincrónicamente en recepción debemos insertar la portadora, función que cumple el tono de 19 KHz insertado. Además de servirnos para demodular, este tono llamado tono piloto indicará al receptor estéreo que la transmisión que está recibiendo es una transmisión estéreo.



2. "Sistema de Televisión a color en México"

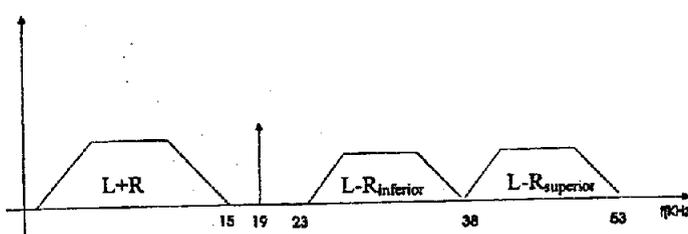


Figura 2-12. Espectro de frecuencia de canal monofónico y estereofónico.

Debido a que la cantidad de información que estamos enviando por un canal estereofónico es mayor que un monofónico, el ancho de banda para la transmisión debe ser diferente, este valor se puede calcular con la fórmula de Carlson que dice: $B=2(D+1)W$ donde $D= \Delta f / W$; siendo Δf la excursión de frecuencia y W el ancho de banda de la señal completa en banda base. En cuyo caso, $\Delta f=75$ KHz y $W=53$ KHz, por lo que el ancho de banda del canal estéreo es de 256 KHz contra los 210 KHz del canal monofónico. El diagrama de bloques del codificador FM estéreo muestra las dos señales X_L y X_R que pasan por un filtro de preénfasis y después a una matriz para formar las señales $X_L + X_R$ y $X_L - X_R$. Esta última modula en DBL a una portadora de 3.8 KHz por último, las señales $X_L + X_R$, $X_L - X_R$ y el tono piloto (de 19 KHz) modulan en FM a una portadora de radiofrecuencia.

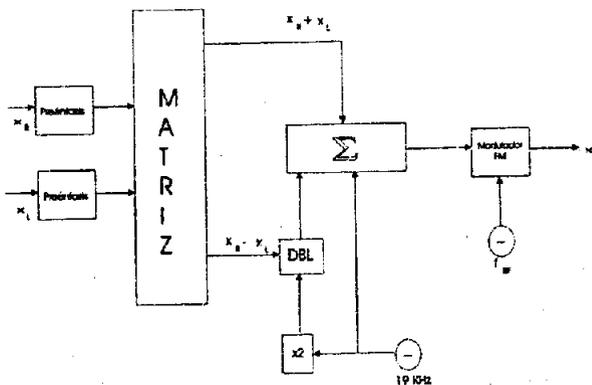


Figura 2-13. Diagrama bloques de un generador de sonido para transmisión monoaural y estéreo.

En el decodificador el proceso es el inverso que en el codificador, primero se demodula de FM toda la señal y se obtienen sus componentes; con un filtro paso bajo (de $f_c=15$ KHz) se obtiene $X_R + X_L$, con un filtro paso banda muy selectivo centrado en 19 KHz se obtiene el tono piloto, y multiplicándolo por 2 se consigue la portadora para demodular $X_R - X_L$. Después de demodular sincrónicamente, con un filtro paso bajo (de $f_c=15$ KHz) se obtiene $X_R - X_L$ y partir de $X_R + X_L$ y $X_R - X_L$ se obtienen X_R y X_L ; Ambas señales pasan por un filtro de deénfasis (contrario al preénfasis del codificador).



2. "Sistema de Televisión a color en México"

E) Sistemas audiovisuales o el audio en televisión.

Los principios de la televisión monocromática utilizaron el sistema monocanal de audio, durante algunos años de la televisión a color se siguió utilizando el mismo sistema, para lograr la tarea de enviar señales conjuntas en el mismo canal de transmisión se pensó en utilizar una modulación diferente a la de la portadora de imagen; por lo que la modulación de frecuencia en una portadora de sonido resulta independiente de la portadora de imagen. Los parámetros de la modulación del sonido en T.V. son :

1. Ancho de banda del sonido en banda base : 15 KHz.
2. Modulación FM con desviación de frecuencia = 50 KHz.
3. Ancho de banda de transmisión: $B=2(D+2)W=160\text{KHz}$
4. Portadora de la modulación FM para NTSC = 4.5 MHz por encima de la portadora de video.

F) Los sistemas de sonido multicanal.

Los sistemas de sonido multicanal son permiten una serie de utilidades en el sistema de T.V. como: Sonido estéreo en programás musicales o lo que llamamos un Sistema dual, que consiste en dos canales monofónicos, uno con versión original del programa o película y otro con la versión doblada. Por ultimo, las Aplicaciones multilingüe, teniendo dos canales monofónicos con el sonido en dos lenguas distintas del país.

Igual que en las transmisiones radiofónicas en estéreo, en los sistemas de sonido multicanal en T.V., el requisito fundamental que deben cumplir es la compatibilidad. Los receptores monofónicos convencionales deben poder recibir un canal de sonido que debe ser analógico, debe situarse en el mismo sitio que se situaba en los sistemas de sonido monocanal y debe estar modulado en FM. Para NTSC se desarrollo un sistema denominado BTSC que es un sistema de subportadora que se utilizado desde 1984. Consiste en modular el segundo canal de sonido (L-R o el sonido dual) en amplitud (AM) y sumarlo al sonido convencional (L+R) en banda base, para después modular el conjunto en FM con la portadora de sonido del sistema utilizado. Un tono piloto indica al receptor que la transmisión es multicanal.

En función de la modulación del segundo canal de sonido, los sistemas multicanal se clasifican en:

- * Analógicos: Si el segundo canal de sonido es analógico. Dicho canal puede sufrir una modulación previa a la FM (sistema de subportadora) o puede modularse con una portadora independiente (sistema de dos portadoras).
- * Digitales: Si el segundo canal es digital.

Los parámetros de televisión a color son parecidos a la señal monocromática, la señal de video de luminancia es transmitida en la misma frecuencia dentro del ancho de banda, la señal de crominancia (información de color) es enviada dentro de la señal de video compuesta y el Burst se encarga de determinar la fase para asignar la correcta decodificación de color. Precisamente este punto es la debilidad del NTSC, la señal de color depende directamente de la frecuencia del burst, cuando este no se enlaza con la frecuencia y fase adecuado en el receptor percibimos la imagen en Blanco y negro; es decir, recibimos la luminancia pero no la croma y por lo tanto la corrección de errores de color se limita a evitar que el ruido, la atenuación o incluso, la intermodulación de portadoras reduzca o modifique el nivel de Burst.

Los resultados de la evolución monocromática a la de color se dieron de forma paulatina, se requirió de muchos años para desplazar del mercado a los receptores blanco y negro, los costos de una nueva tecnología siempre son más altos que los convencionales; por lo que al principio los receptores de color eran más caros que los de blanco



2. "Sistema de Televisión a color en México"

y negro. Los sistemas de color han evolucionado desde que se implementaron hace más de 40 años, las mejoras solo se han aplicado a los equipos encargados de capturar la información (cámaras), los dispositivos de almacenamiento (DVD y Cintas) y a los receptores finales (televisores); el sistema y los parámetros de transmisión han permanecido intactos (las frecuencias, modulación, manejo de color, etc).

2.2.4.-Parámetros de transmisión a color para NTSC.

La siguiente tabla resume las características que deben de tener los transmisores de televisión establecidos por el NTSC y adoptados en nuestro país.

	Americano 525 Entrelazado
Número de líneas / imagen	525
Frecuencia de Imagen (Hz)	30
Frecuencia de campo (Hz)	60
Entrelazado	2-1
Relación de aspecto (Ancho de pantalla)	4/3
Frecuencia de línea (Hz)	15750
Periodo de línea (μ S)	63.5
Periodo de línea activo (μ S)	52.45
NI líneas activas / imagen	483
Resolución vertical eq. (líneas)	340
Resolución horizontal eq. (líneas)	422
Modulación AM	*
Nivel de negro (% portadora)	75
Nivel de borrado (% portadora)	75
Nivel de blanco (% portadora.)	15
Ancho de banda en RF (MHz)	6
Ancho de banda vestigio (MHz)	0.75
Banda vestigial	inferior
Modulación del sonido	FM
Separación intercarrier (MHz)	4.5
Desviación de frec. de port. De sonido (KHz)	25
Banda de frecuencia	VHF/UHF
Anchura de banda de imagen Mhz	4,2
Separación entre portadoras Mhz	+ 4,5
Portadora de video respecto a Mhz extremo de canal más próximo	+ 1,25
Nivel de sincronismo %	100
Tipo de modulación de la imagen	A5C neg.
Tipo de modulación del sonido	F3
Relación de potencias imagen/ sonido	10:1 a 5:1

Tabla 2-2. Características de los transmisores de TV en México.



2. "Sistema de Televisión a color en México"

2.3.-Receptores de Televisión a color.

Los principios de exploración, sincronización, borrado y generación de imagen descritos para un receptor monocromático son idénticos en un receptor a colores, la diferencia para estos últimos son los circuitos de descodificación de color y la modificación del tubo de rayos para la reproducción de imágenes; el siguiente diagrama muestra los elementos principales del receptor de TV a color.

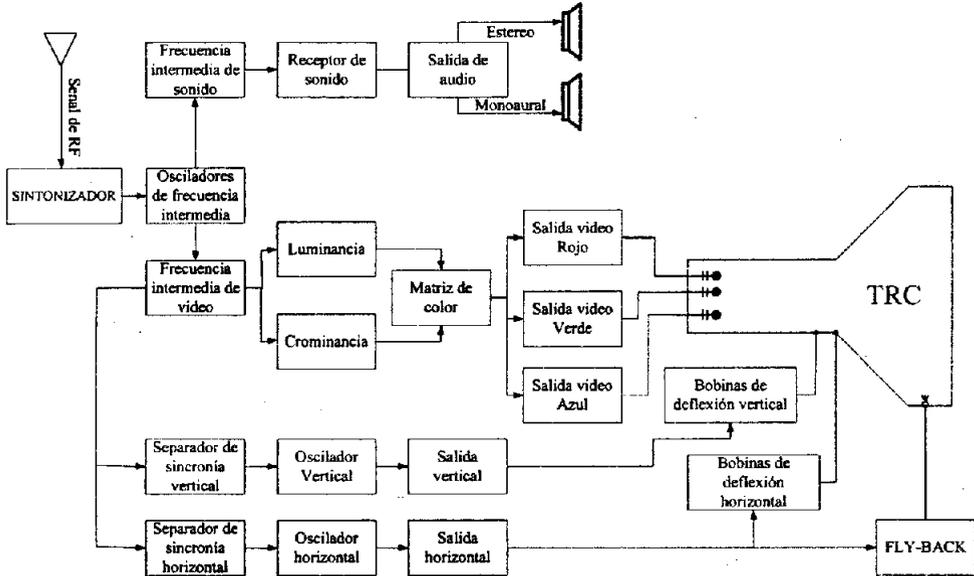


Figura 2-14. Diagrama bloques de un Receptor de TV a color.

El sintonizador de video es un filtro pasa-banda de 6 Mhz. el cual permite seleccionar un canal de frecuencia determinada, este es el que nos permite escoger el canal de imagen y sonido. La frecuencia intermedia es una etapa necesaria para poder trabajar con la señal de video y de audio para los receptores; la alta frecuencia con la que se recibe la señal es transportada a otra de menor tamaño, las señales en F.I. son proporcionadas por los osciladores de video y de Audio respectivamente. La señal en frecuencia intermedia permite manejar las señales sin importar en que frecuencia fueron transmitidas; de no contar con esta etapa se tendría que equipar a los receptores de un procesador de video para cada frecuencia recibida, la etapa de Audio maneja la señal sonora de FM, la demodula, la amplifica y la reproduce en un altavoz; cabe recordar que el sonido puede ser monoaural o estéreo.

La señal de video es dividida en la señal de luminancia y crominancia (oscilador de 3.58 Mhz.); las salidas de los circuitos de manejo de color son enviadas a los amplificadores de video que se conectan a la base del TRC donde manejan los cañones de electrones del color respectivo.

La señal de video compuesta tiene en los tiempos de retrazas los pulsos de sincronía vertical y horizontal, estos son separados de la señal de video compuesta, los circuitos osciladores son ajustados a los de la señal recibida



2. "Sistema de Televisión a color en México"

para generar la imagen en la correcta posición de la pantalla; la salida de estos circuitos es aplicada a las bobinas de deflexión que se encargan de desviar los haces de electrones de forma horizontal y vertical para realizar la exploración de la pantalla.

La señal de entrada de estas etapas es un diente de sierra, el cual corresponde a los procedimientos de barrido horizontal y vertical respectivamente, las bobinas reciben esta señal y desvían proporcionalmente a los haces de electrones para la exploración de la pantalla. Este principio de exploración de los receptores es idéntico en los de color que en los monocromáticos.

La etapa de oscilación horizontal tiene una frecuencia de trabajo bastante alta, por lo que es aprovechada para alimentar un circuito amplificador de voltaje conocido como Fly- Back; el cual se encarga de generar los niveles de voltaje extra alto del TRC. Este voltaje es el que permite a los electrones desplazarse desde el cátodo que los genera hasta la parte interior de la pantalla.

Las etapas explicadas a continuación son las que difieren de los receptores monocromáticos vistos en el capítulo anterior por lo que comenzaremos con el manejo de color, seguido de la explicación de un TRC a color y terminando con las mejoras realizadas para estos en los últimos años.

2.3.1- Decodificación de color.

El circuito de decodificación esta conformado básicamente por un pasa bandas para la frecuencia de crominancia; es un oscilador de 3.58 Mhz. y un pasa banda de 0.5 Mhz. En consecuencia sólo se amplifica la señal C y es transferida a los demoduladores B-Y y R-Y. La ráfaga de color (Burst) se separa del pulso de blanqueo horizontal situada en el tiempo de retroceso horizontal. Esta señal entra a un circuito de Control de Auto-Frecuencia (CAF) que permite sincronizar el Burst y el oscilador para determinar la frecuencia y fase provenientes de la señal de crominancia para determinar los valores correspondientes a las componentes B-Y, G-Y y R-Y; mismas que son amplificadas y enviadas como un nivel de voltaje al cañón de electrones para el color Azul, Verde y Rojo respectivamente.

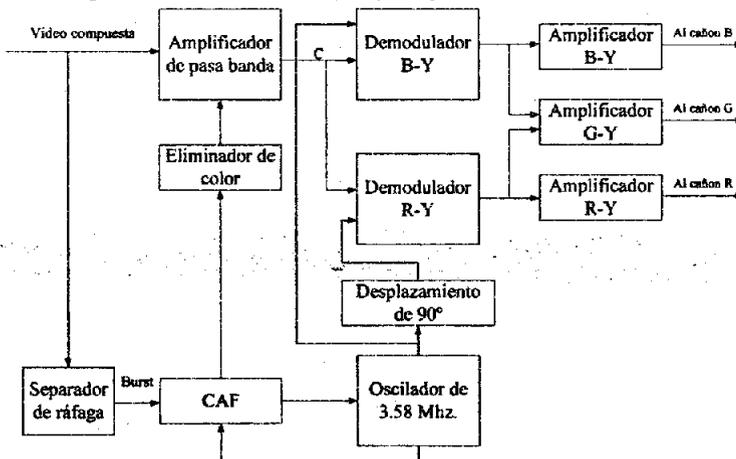


Figura 2-15. Diagrama a bloques de un circuito decodificador de color.



2. "Sistema de Televisión a color en México"

2.3.2- Tubos de imagen de Televisión.

En los TRC los electrones se emiten en forma de haz mediante un cañón electrónico, son enfocados y acelerados mediante unas lentes electrónicas y, después, dirigidos hacia una pantalla que actúa como ánodo positivamente cargado. La pantalla que está recubierta por una capa de fósforo da un punto visible cuando un electrón de alta velocidad incide en ella. El color de la luz emitida se determina por el tipo de fósforo utilizado. Para las imágenes monocromas sólo hay un tipo de fósforo recubriendo la pantalla. Para las imágenes en color se utilizan tres tipos de fósforo para poder obtener los tres colores primarios. Se requiere una tensión de ánodo final conocida como extra alta tensión, EAT, en la región de los 15 a 30 kV para que el tubo pueda atraer y acelerar los electrones. El tubo de imagen monocromo consiste en un cañón electrónico único, un conjunto de ánodo que actúa como lentes electrónicas y una superficie de visualización. El haz pasa a través del conjunto de los cuatro ánodos, la aceleración (A1), el enfoque electrostático (A2/A3) y el ánodo final de EAT (A4).

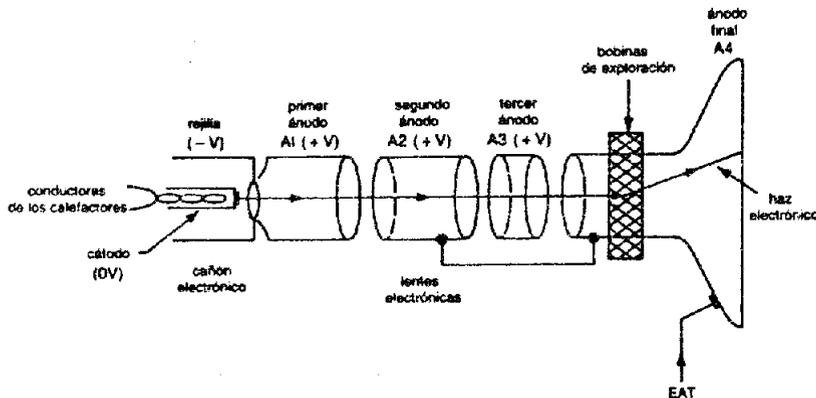


Figura 2-16. Ánodos aceleradores de un TRC.

El cañón electrónico y el montaje de ánodo están contenidos en una envoltura de vidrio grueso al vacío que los cubre. El acceso a los diferentes electrodos se realiza mediante conexiones de patilla en la parte trasera del cuello del tubo con la excepción del ánodo final que es accesible a lo largo del ensanchamiento del tubo. El interior y el exterior del ensanchamiento del tubo están recubiertos con una capa de grafito conocida como revestimiento aquadag. El recubrimiento exterior se conecta al chasis y el recubrimiento interior se conecta a la EAT. La separación de vidrio entre ellos forma un condensador de almacenamiento para la fuente de EAT. Para producir una imagen, el haz electrónico se desvía en las direcciones vertical (campo) y horizontal (línea). Se emplea deflexión electromagnética utilizando dos conjuntos de bobinas (línea y campo) conocidas como bobinas de exploración situadas a lo largo del cuello del tubo. El ángulo de deflexión más común es de 90° , aunque también los de 100° y 110° son ampliamente utilizados en las pantallas grandes. El ángulo de deflexión del tubo es una parte importante del TRC. Se refiere al ángulo a través del cual el haz se desvía a lo largo de la diagonal de la pantalla. Los ángulos reales de deflexión en las direcciones horizontal y vertical son menores que los valores especificados. Por ejemplo, un tubo típico de 110° puede tener una deflexión vertical de 81° y una deflexión horizontal de 98° . El ángulo de deflexión depende de la intensidad del campo magnético creado por las bobinas de exploración, la velocidad del haz de electrones que es función de la EAT y del grosor del cuello del tubo. Un tubo estrecho permite a las bobinas de exploración trabajar con una elevada proximidad al haz y, en consecuencia, ejercer gran



2. "Sistema de Televisión a color en México"

influencia sobre él. Los modernos receptores tienen ángulos de deflexión de 90° o 110° . Otra especificación del TRC es el tamaño de la pantalla dado en centímetros. La cifra se refiere a la medida de la diagonal de la imagen visible en contraposición al tamaño del tubo tradicional que se da en pulgadas y se refiere a la diagonal total medida de la pantalla. Con una relación de aspecto (anchura / altura) de $4/3$, por ejemplo un tubo de 51 cm (21 pulgadas) tiene una diagonal de 51 cm, una anchura de 41 cm y una altura de 31 cm. La potencia requerida por las bobinas de exploración es una función del tamaño y de la configuración geométrica del tubo (tamaño de la pantalla y diámetro del cuello), así como del ángulo de deflexión y de la EAT aplicada al ánodo final.

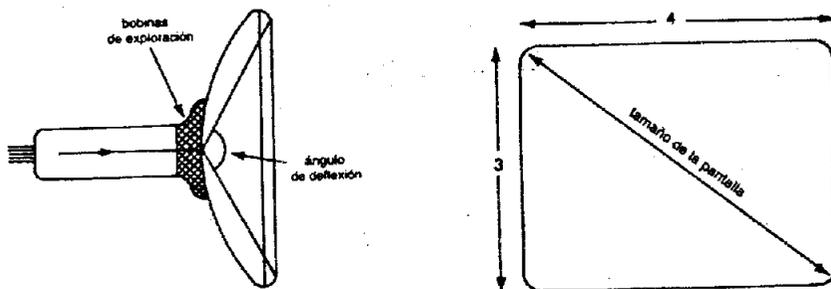


Figura 2-17. TRC con el ángulo de deflexión máximo y la relación de aspecto horizontal y vertical de la pantalla.

A) Tubos de receptores en color.

Los tubos de rayos catódicos utilizados para las imágenes en color tienen tres cañones separados, uno para cada color primario montados para bombardear una pantalla que está recubierta con tres tipos diferentes de fósforo, uno para cada color primario. Los tres fósforos están dispuestos como una triada de colores. Una máscara de sombra de acero se sitúa detrás de la pantalla recubierta que permite a los tres haces de electrones converger y pasar a través de ranuras antes de incidir sobre el fósforo particular de cada uno en la pantalla. Así se producen tres colores primarios que, por estar muy cercanos entre sí, son sumados (aditivamente por yuxtaposición) por el ojo humano dando una sensación de color.

Los tubos de color requieren más altas tensiones de ánodo y excitadores de video más grandes si se comparan con los receptores monocromos. Para la correcta reproducción del color, los haces del rojo, verde y azul deben incidir solamente en sus propios y particulares fósforos y no en otros. Esto se conoce como pureza. El ajuste de pureza incluye un cambio en la intensidad y la dirección del campo magnético creado por las bobinas de exploración para mover los haces de forma que incidan sobre el recubrimiento de fósforo correcto de la pantalla. Esto se consigue mediante el uso de un par de imanes en anillos bipolares situados a lo largo del cuello del tubo. Los tres haces forman tres tramas separadas, multiplicando así los problemas de corrección de la trama encontrados en la visualización monocroma. Las tres tramas deben no sólo ser corregidas en la forma rectangular sin distorsión en acerico, sino que también deben coincidir con precisión. Esto se conoce como convergencia. Hay dos tipos de convergencia, estática y dinámica. La convergencia estática implica el movimiento de los haces por los imanes permanentes situados en el interior o en el exterior del tubo para llevar los tres haces a la coincidencia en el área central de la pantalla. La convergencia dinámica cubre el resto de la pantalla que incluye el establecimiento de una variación continua (dinámica) del campo magnético para asegurar la convergencia en áreas alejadas y en las esquinas



2. "Sistema de Televisión a color en México"

de la pantalla. Esto requiere formas de onda electromagnéticas que son una función tanto de las frecuencias de campo como de las frecuencias de línea.

B) La máscara de sombra para TRC con cañón en delta.

La máscara de la sombra es una de dos tecnologías que usa para fabricar tubos de rayos de catódicos (CRT) para las televisiones de color. Es un plato de metal con agujeros diminutos que separa los haces de los respectivos cañones de fósforo, se encuentra detrás del vidrio delantero de la pantalla donde se colocan los fósforos rojos, verdes, y azules para cada píxel en una forma triangular ("triada").

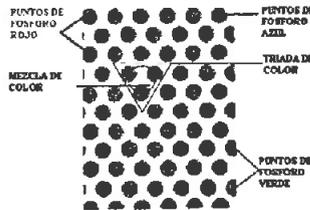


Figura 2-18. Triada de fósforos con distribución en delta.

El TRC delta tiene tres cañones electrónicos montados a 120° uno de otro en el cuello del tubo, cada uno con sus propias lentes electrónicas. Los cañones están ligeramente inclinados hacia el eje central del tubo de forma que sus haces electrónicos convergen y cruzan por la máscara de sombra y pasan a través de huecos posicionados cuidadosamente para incidir en sus puntos correctos de fósforo. El montaje delta de los tres cañones hace difícil conseguir una convergencia precisa cuando se hace explorar la pantalla por los haces. Esta es la principal desventaja del tubo delta. Se necesitan circuitos de convergencia muy complejos y caros para solucionar la distorsión bidimensional de las tramas y para mantener una buena convergencia.

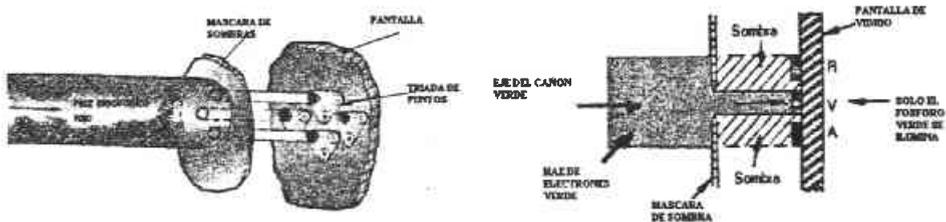


Figura 2-19 Máscara de sombras y su trabajo con el haz de electrones para la correcta excitación de los puntos de fósforo.

C) El tubo de color con cañones en línea.

En el tubo de máscara de sombra en línea los tres cañones electrónicos se sitúan alineados uno junto a otro y los recubrimientos de fósforo en la pantalla están dispuestos en triadas de tiras. Cada triada de colores se dispone para coincidir con una retícula o ranura longitudinal en la máscara de sombra. El primer tubo en línea fue desarrollado por Sony y se conoce como el Trinitron. El Trinitron utiliza una disposición de cañón único en línea y un montaje de lente electrónica única. Los fósforos están dispuestos en tiras verticales formando las triadas de tiras de tres colores.



2. "Sistema de Televisión a color en México"



Figura 2-20. Disposición de fósforo en líneas.

La máscara de sombra se reemplaza por una retícula metálica con aberturas (rejilla), una vertical para cada triada de fósforo. Se consigue una mayor transparencia electrónica porque se pierden menos electrones al incidir sobre la máscara produciendo una mejora en la eficiencia y en el brillo. El cañón electrónico único emplea tres cátodos en línea. Los tres haces pasan a través de un montaje de ánodos complicado que curvan los dos haces exteriores (rojo y azul) de forma que parezca que emanan de la misma fuente que el haz de verde del medio. El Trinitron tiene dos desventajas básicas. La primera es que la máscara de tiras tiene muy pequeña rigidez en la dirección vertical y tiene que mantenerse bajo una considerable tensión para evitar cualquier flexión o alabeo.

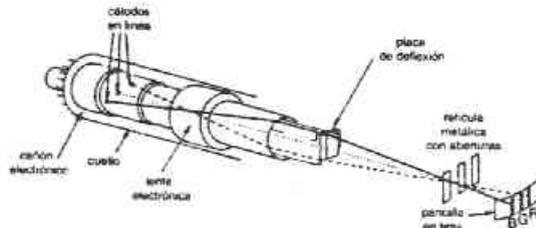


Figura 2-21. Cañón de electrones único en línea.

En el tubo de precisión en línea, PIL, se montan tres cañones separados contiguos en el mismo plano horizontal. Los fósforos están dispuestos en tiras verticales en la pantalla y la máscara de sombra tiene la configuración ranurada que proporciona rigidez mecánica y una alta transparencia electrónica que da como resultado una mejora en el brillo. La principal ventaja del tubo PIL es el desarrollo de una deflexión especial del yugo diseñada para producir un campo magnético escalonado conocido como campo astigmático que elimina la necesidad de convergencia dinámica.

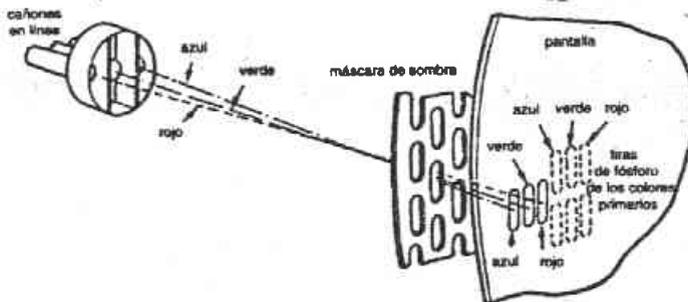


Figura 2-22. Cañones de electrones en línea y su incidencia sobre los puntos de fósforo.



2. "Sistema de Televisión a color en México"

D) Ajustes del tubo de color.

En los tubos autoconvergentes se tienen que hacer ajustes para producir una representación completamente lineal con un contenido de crominancia correcto. Esto incluye dos ajustes distintos: la escala de grises y el acerico. La finalidad del ajuste de la escala de grises es asegurar que una imagen monocroma exhiba solamente diferentes tramas de gris sin trazas de color en todos los niveles de brillo. El ajuste de la escala de grises se realiza en una representación de niveles o escala de grises e incluye dos tipos de ajustes: baja iluminación o zonas oscuras (bajo brillo) y alta iluminación o zonas claras (alto brillo). Los ajustes de baja iluminación llevan los puntos de corte de los tres cañones a la coincidencia y, por tanto, aseguran que las áreas sombreadas de la imagen no tienen tintes de color. En los tubos PIL donde se conectan conjuntamente tres ánodos A1, el ajuste de baja iluminación se realiza variando el potencial de c.c. de cada cátodo, un ajuste que se encuentra en la etapa de salida de video. Los ajustes de alta iluminación aseguran que todos los demás niveles de blanco se reproduzcan correctamente sin ningún tinte de color. Esto se lleva a cabo mediante una variación de la excitación de señal de video, un ajuste usualmente conocido como control de ganancia de video. La imagen de la pantalla todavía sufre una distorsión en acerico especialmente en los tubos de gran deflexión que se produce por la superficie plana de la pantalla. Es el resultado del efecto de la unión de la deflexión de campo y de línea que produce un ángulo máximo de deflexión a lo largo de la diagonal y, en consecuencia, se estiran las esquinas. La curvatura de los lados se conoce como distorsión este-oeste (E-W) y las de las partes superior e inferior se conoce como distorsión norte-sur (N-S).

En la distorsión E-W las líneas de exploración cambian en longitud cuando el haz se desvía verticalmente, es decir, campo por campo. Por tanto, la distorsión E-W es una distorsión de una línea, la línea de exploración, por la frecuencia de campo. Inversamente, la distorsión N-S es una distorsión del campo por la frecuencia de línea. La corrección de ambas distorsiones incluye modificar el campo de deflexión mediante la creación de un campo magnético correctivo que es igual y opuesto al que crea la distorsión en el primer lugar. Se aplica entonces a las bobinas de exploración de línea mediante el transformador de acoplo para modificar la forma de onda en diente de sierra de exploración de línea básica.

El campo magnético aplicado a los tres haces puede verse afectado, cualquier campo parásito en la proximidad del receptor como los de los aparatos domésticos. El resultado es una impureza en la forma de las manchas de color en la imagen que no se puede eliminar mediante las correcciones de pureza. Para evitar estos efectos, se fija un apantallamiento magnético sobre la parte del cono del tubo, la propia máscara de sombra conjuntamente con otros accesorios de acero próximos a la cara del tubo deben ser desmagnetizados regularmente para evitar impurezas y errores de convergencia. La desmagnetización puede realizarse manualmente moviendo lentamente y en paralelo en la cara de la pantalla una bobina conocida como bobina de desmagnetización. La bobina, que tiene energía proporcionada por una fuente de c.a. tal como la tensión de la red, se mueve lentamente hacia fuera, volviendo la cara hacia abajo y finalmente desconectándola cuando está un poco lejos. De forma automática se realiza la desmagnetización cada vez que el receptor se conecta utilizando un termistor como interruptor de activación de la bobina "De Gauss" o desmagnetización, misma que trabaja unas fracciones de segundo y es desactivada antes de generar la primer imagen.

E) Mejoras a los receptores de TV.

Las mejoras realizadas para los televisores a color están orientadas básicamente a dos aspectos: Incrementar la calidad de imagen aumentando detalles y haciéndolos más finos; también aumentando el



2. "Sistema de Televisión a color en México"

número de colores posibles de generar estas son algunas de las mejoras implementadas en los receptores actuales.

Los tubos de rayos catódicos fueron ennegrecidos para mejorar la calidad de la imagen suponiendo que este tono se adquiere con la ausencia de excitación de los puntos de fósforo, los niveles de contraste se elevan debido a un tono más oscuro en los puntos de "color" negro.

Los sistemas de deflexión fueron mejorados debido a que los TRC tienen cierta curvatura y por lo tanto una disminución de la calidad de la imagen, las mejoras en la deflexión permiten reducir la distorsión generada por la geometría de los tubos. Se equiparon de circuitos reductores de ruido para imagen y los puntos de fósforo se disminuyeron su tamaño para mejorar el detalle además de tener una mayor brillantez, lo que se refleja en una temperatura de color más alta.

Los sistemas de audio procesan digitalmente las salidas para reducir ruidos y emular sonidos estéreo con procesadores digitales.

La mejora de la imagen se vio incrementada notablemente con los tubos de pantalla plana, estos tubos permitieron reducir la distorsión en las esquinas de la pantalla y aumentaron la superficie visible, ya que las pulgadas del televisor son las de imagen visible, los circuitos de reflexión y los cañones de electrones fueron perfeccionados para ofrecer una calidad superior, un enfoque dinámico y un ajuste de la velocidad de las imágenes son algunas mejoras.

El CC (Closed Caption) permite recibir señales de otro idioma o el original en forma de texto, esto es una alternativa para personas con niveles auditivos bajos.

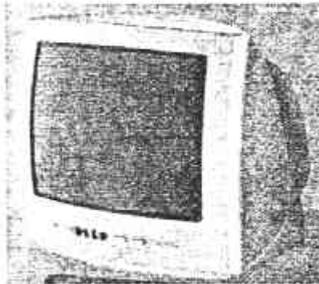


Figura 2-23. TRC con curvatura en las esquinas

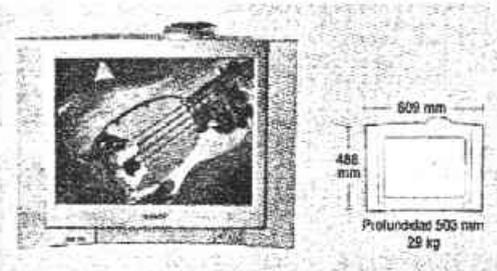


Figura 2-24. TRC con pantalla plana

La compensación de movimiento es un desarrollo pensando en la compatibilidad de los televisores con equipos reproductores de alta calidad como lo son los DVD, las películas en formato cinematográfico son realizadas en 24 cuadros por segundo, en los televisores es necesario que sean convertidas a 30 imágenes en 2 campos cada una, es decir, el receptor tiene un formato de 48 campos pero debe generar 60, en los cuales se crean espacios sin definición y en la imagen aparecerán "rebotes" o parpadeos. Para corregir este error se creó una relación de 3:2 que compensa con un circuito predictivo digital los campos faltantes.



2. "Sistema de Televisión a color en México"

- Elementos de la Tecnología Trinitron -

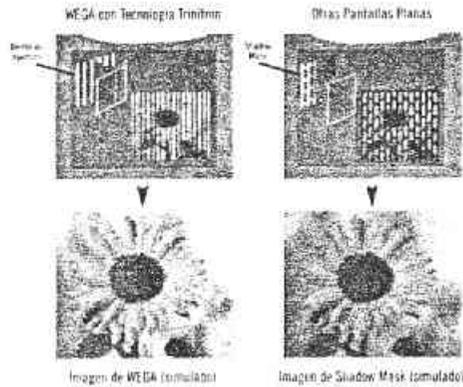
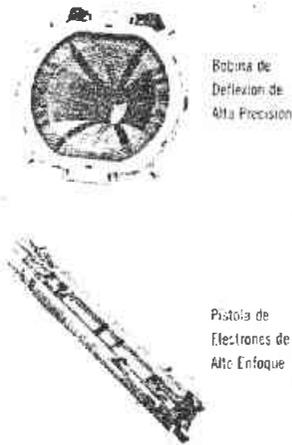


Figura 2-25. Bobina de deflexión y Cañón de electrones Trinitron (SONY) para tubos en línea <izquierda>; imagen que muestra la diferencia entre rejilla y máscara de sombras <derecha>.

Además de reducir los puntos de fósforo y el contraste mejorando los niveles de negro, es decir, ya no existe un negro, el color tiene diferentes niveles de negro y lo mismo ocurre con las escalas de grises especialmente en los niveles más bajos, al aumentar los niveles de blanco y negro podemos tener imágenes con mayor profundidad, brillo, contraste y sombras.

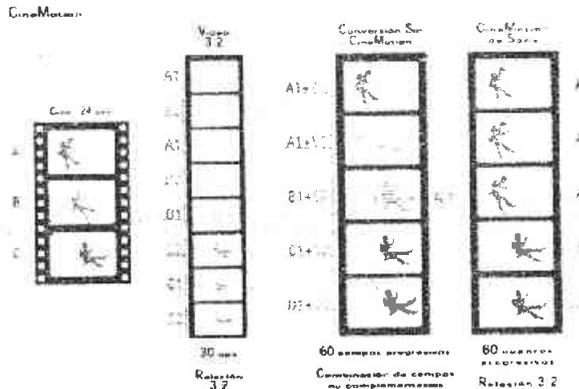


Figura 2-26. Efecto de compensación 3:2 "Cinemotion" para las películas.



2. "Sistema de Televisión a color en México"

Los controladores de imagen múltiple permiten sintonizar más de un canal a la vez, en algunos reproductores se puede ver más de una señal en el televisor, denominada PIP (Picture in Picture) permite la visualización de recuadros de imagen, algunos receptores poseen un índice de canal desplazable.

Los sistemas mostrados hasta aquí tienen como elemento de trabajo el tubo de rayos catódicos, la disposición de puntos de fósforo en forma de tríadas de colores primarios, rejilla o máscara de sombras y los sistemas de reflexión con las bobinas para los haces de electrones provenientes de los cañones. Las imágenes generadas son por mucho superiores a las de los primeros receptores, pero existen otras tecnologías aplicadas a los reproductores de televisión que superan las deficiencias de los TRC; los sistemas de plasma y de cristal líquido son lo mejor para generación de imagen hoy en día.

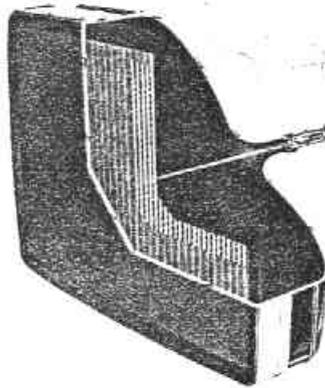


Figura 2-27. TRC de tecnología Panablack (panasonic) con sus elementos de funcionamiento básico: Cañones de electrones, Rejilla, Pantalla de vidrio con recubrimiento de interior de fósforo (disposición en línea), y tubo de vacío ennegrecido.

2.4- Instrumentos de medición de parámetros eléctricos de la señal de TV.

Los parámetros de la señal de video deben ser analizados en su transmisión para asegurarse que el receptor garantice la calidad de imagen así como la recepción de la señal, es por eso que se utilizan diferentes instrumentos para verificar que los parámetros de la señal a transmitir cumplan con los estándares que dicta la NTSC para las transmisiones de Televisión a Color.

2.4.1.-Receptor de TV de frecuencia intermedia.

A) Monitor.

Este elemento recibe la señal en una frecuencia de banda base, es idéntico a un televisor de los que se encuentra en la casa con la diferencia que está relacionada con su diseño electrónico, ya que el monitor de video no cuenta con sintonizadores de canales en radiofrecuencia (RF), y la señal de T.V. que recibe es en banda base (video de 0-4.5MHz); es decir, que ya no requiere ser sintonizada porque la señal de T.V. no está modulada.



2. "Sistema de Televisión a color en México"

Las señales se insertan directamente a las entradas respectivas del monitor, proporcionándonos además una salida en paralelo del video entrante. También podemos monitorear más de una señal en los canales A y B mediante un selector. Sirve para evaluar de forma cualitativa la imagen o señal de video, al observar directamente la calidad de imagen mostrada aquí se pueden apreciar algunas anomalías en las señales principalmente la malla que ocurre con niveles inadecuados de potencia de video recibida, aquí se visualizan las señales de prueba para poder ajustar el equipo y se tenga una probable falla en los circuitos red de transmisión o recepción. El nivel de ruido que pudiera introducirse en la recepción y la pérdida de color o detalle de la imagen. Algunos monitores portátiles se utilizan cuando se debe de mover el punto donde llega la señal y debido a que son más pequeños su traslado es muy sencillo.

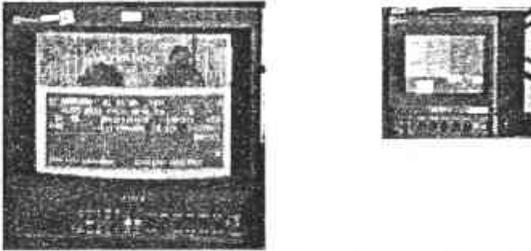
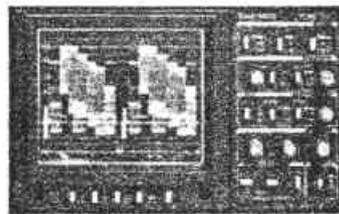


Figura 2-28. Monitores de frecuencia intermedia.

2.4.2- Monitor Forma de onda.

El monitor de forma de onda es un equipo de medición para señales de video similar a un osciloscopio, pero con algunas diferencias importantes. Este equipo de medición se utiliza únicamente para señales eléctricas de video de 1.0 Vpp y tiene su escala vertical en unidades IRE (Instituto de Ingeniería en Radio) donde 1 Vp-p=140 IRE, y para medir el tiempo de cada pulso, cuenta con una escala horizontal graduada.

La señal que aparece está compuesta de una, dos o tres líneas mostradas de forma simultanea, logrando una correcta evaluación con filtros luminancia y crominancia ($f=3.58$ MHz); también muestra las 525 líneas visualizando de forma directa los dos campos y se puede ampliar el barrido horizontal (escala de tiempo). En general este equipo nos permite evaluar la señal en sus características eléctricas, es decir, en su forma de onda para detectar a detalle problemas en amplitud y tiempo, que no sean observados de forma directa en el monitor de video. Este instrumento se conecta a la salida del monitor, de forma que también trabaja en banda base; en la foto se muestra un Monitor Forma de Onda de la marca Tectronic y se pueden mostrar varios parámetros de las señales siempre que se varíen los controles correspondientes.



1730 Tectronic Monitor

Figura 2-29. Monitor Forma de Onda.



2. "Sistema de Televisión a color en México"

Este instrumento se basa principalmente en las normas de medición establecidas y normalizadas en lo que se conoce como reporte 7 del NTC para las pruebas de video en el formato manejado NTSC. El informe describe los parámetros de transmisión, señales de prueba, métodos y objetivos de comportamiento de los sistemas de una transmisora de televisión. A continuación se mencionan los parámetros generales y básicos para hacer uso de este equipo así como la descripción de los controles y los conceptos de registro para cada evento:

FILTER:

- Flat** Valor de la señal de video mostrada con todos los parámetros de amplitud, pulsos de sincronía, "Burst" y niveles de ruido. En particular el ruido casual es detectado y la señal no debe de exceder de 53 Db. Y tener una duración máxima de 15 segundos.
- L Pass** Permite apreciar las variaciones del nivel de video y el ruido casual en un solo línea de exploración, permite detectar niveles incorrectos de crominacia y por tanto perdida de color.

VERTICAL

- Gain** Selector de ganancia vertical, siempre permanece en la mínima posición, la señal de video deberá mostrar siempre la misma amplitud para el campo de información y si esta excede de los niveles máximo o mínimo puede ser interpretado como un ruido periódico situado entre las frecuencias de 1 Khz. a 4.2 Mhz
- Position** Permite ajustar vertical con la escala la señal para una correcta medición y visualizar una línea de información, todo el campo o los dos campos transmitidos.

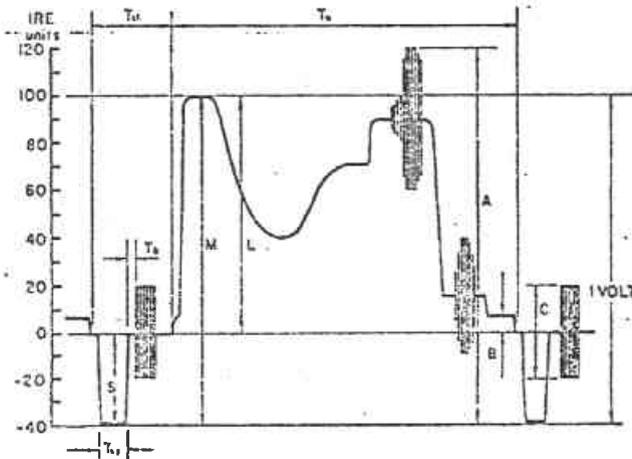
HORIZONTAL SWEEP

- 2H** Permite ver 2 campos de la señal de video recibida, la figura permite identificar niveles inadecuados de amplitud de la señal, así como la amplitud de la señal de sincronía y el pulso de Bursa.
- 2FL** Permite ver línea por línea la señal recibida, se puede medir el nivel de hum (ruido ocasional), "Burst", video y sincronía.

La cadena de transmisión debe de tener 75 ohms resistivos desbalanceados a tierra, la amplitud de video deberá ser de 1.0 volt de pico a pico (140 unidades IRE), la polaridad de la señal deberá ser positiva. la imagen es una señal de video compuesta y contiene los parámetros que se pueden analizar en un monitor forma de onda (Valores Estandarizados).



2. "Sistema de Televisión a color en México"



- A- Amplitud pico a pico de la señal compuesta a color
- B- Diferencia entre el nivel de negro y nivel de blanking
- C- Amplitud pico a pico del "Burst" de color
- L - Valor nominal de la luminancia
- M - Amplitud pico a pico de la señal de video monocromática
- S - Pulso de sincronía

Figura 2-30. Señal de video y sus parámetros medibles en un monitor forma de onda.

2.4.3.- Generador de señales patrón de video.

A) Generador de señales de prueba.

Un dispositivo denominado Generador de señales de prueba es un equipo que envía señales de prueba para determinar el estado de los instrumentos de medición y de la vía que se maneja. Existen diferentes señales de prueba, todas estandarizadas para la comunicación del estándar NTSC.

B) Señal estándar de barras de color.

En general, un generador de barras de color produce señales precisas repetibles de barras verticales de color que se pueden utilizar para procesos de verificación y ajuste. Las señales están codificadas en la frecuencia subportadora de color de 3.58 MHz. Especialmente se ha desarrollado una señal de barras de color que corresponde al formato de la figura que constituye la norma. Hay muchas características que facilitan las pruebas de luminancia y color correctas. La combinación superpuesta de rojo, verde y azul proporcionan la mezcla aditiva por lo que necesitamos una trama sin imagen. Si se desactiva el cañón de azul ya sea ajustando la tensión de polarización o bien la de rejilla pantalla, entonces los haces electrónicos de los cañones de rojo y verde pueden producir una trama amarilla. Si hay más rojo y menos verde, el color de la trama se convierte en naranja. Análogamente, cuando funcionan los cañones de azul y verde sin el cañón de rojo se produce ciano; o bien los cañones de rojo y azul solos producen magenta. Funcionando



2. "Sistema de Televisión a color en México"

los tres cañones para reproducir rojo, verde y azul en proporciones correctas, la trama resultante es blanca. Se desactivan los tres cañones para reproducir el negro, que es justamente la ausencia de luz. El negro es el mismo color siempre; es la monocromía.

La señal Y está formada por la suma del rojo, verde y azul de las señales video primarias en las proporciones: $Y = 0.30R + 0.59G + 0.11B$. Estos porcentajes corresponden al brillo relativo de los tres colores primarios. El ojo humano ve el verde como el color más brillante. Por tanto, una escena reproducida en blanco y negro por la señal Y parece lo mismo que cuando es televisada en monocromía. Existen valores normalizados para formar la tensión de señal con las proporciones específicas de las tensiones R, G y B para la carta de ajuste de las barras de color. Estas barras incluyen los colores primarios R, G y B, sus mezclas complementarias de los dos primarios y el blanco para los tres primarios. La señal Y tiene su máxima amplitud relativa de 1.0 o 100 % para el blanco, a causa de que incluye R, G y B. Este valor para el blanco se calcula por $Y = 0.30 + 0.59 + 0.11 = 1.00$; en otro ejemplo, la barra de color ciano incluye G y B pero no R. Así el valor de Y para el ciano se calcula por $Y = 0 + 0.59 + 0.11 = 0.70$

Todos los valores de tensión de la señal Y se pueden calcular de esta manera. Las tensiones resultantes son los valores relativos de luminancia correspondientes a cada una de las barras de color. Si sólo se utiliza la señal Y para reproducir esta figura, aparecerían las barras monocromáticas como sombreados desde el blanco a la izquierda hasta el gris en el centro y acercándose paulatinamente al negro a la derecha. Estos valores de luz corresponden a las tensiones video Y escalonadas, para el brillo relativo decreciente de estas barras de color. Estos colores son los correspondientes a esta secuencia de escalera descendente de valores de luminancia.

Las tres cuartas partes superiores incluyen siete barras verticales de igual anchura. La primera de la izquierda es blanca, luego le siguen las barras de amarillo, ciano, verde, magenta, rojo y azul a través del ancho de la imagen. Esta secuencia fue elegida porque los valores de luminancia constituyen una graduación descendente de la señal Y. De los colores, el amarillo tiene el valor más alto de luminancia del 89 %, que es igual a $0.59G + 0.30R$. En el extremo opuesto, el azul tiene la luminancia más baja, del 11 %. La cuarta parte inferior de la altura de la imagen contiene una barra blanca corta con luminancia del 100 %, debajo de las barras de amarillo y ciano. De esta manera, se pueden comparar estos valores de luminancia con respecto al blanco. Además, hay colocadas señales de color de $-Y+Q$ a la izquierda y a la derecha de la barra blanca. Los primeros generadores producían barras de color que estaban plenamente saturadas al 100%. Este valor significa que las señales R, G y B están en el codificador al nivel del 100 % para el blanco de pico, o de 100 unidades IRÉ. Sin embargo, este método coloca una carga innecesaria en el equipo de transmisión a causa de las excursiones máximas en la señal de croma modulada de 3.58 MHz. Por ejemplo, para la barra amarilla el máximo nivel es del 33 % por encima del blanco de pico debido a la alta luminancia. Además, la baja luminancia de la barra de azul da lugar a amplitudes de señal del 33 % por debajo del valor ajuste de negro.

Por tanto, la señal estándar de barra de color ha sido reducida a lo que se llama barras de color del 75 %. Este porcentaje no significa saturación del 75 %, sino simplemente que las amplitudes de las señales R, G y B tienen en el codificador 75 unidades IRÉ, en lugar de 100. Las barras de color resultantes están todavía plenamente saturadas. Para una barra roja del 75%, por ejemplo, no hay todavía verde ni azul que existan con algún blanco. Los valores de Y para las barras de color estándar se pueden ver en el oscilograma de la señal de video de las barras de color estándar EIA en la frecuencia de línea H (monitor forma de onda). La escala de amplitudes de la izquierda está en unidades IRÉ. Las áreas sombreadas en la forma de onda indican color. Obsérvese que el Burst de sincronismo de color tiene una amplitud de + 20 unidades IRÉ.



2. "Sistema de Televisión a color en México"

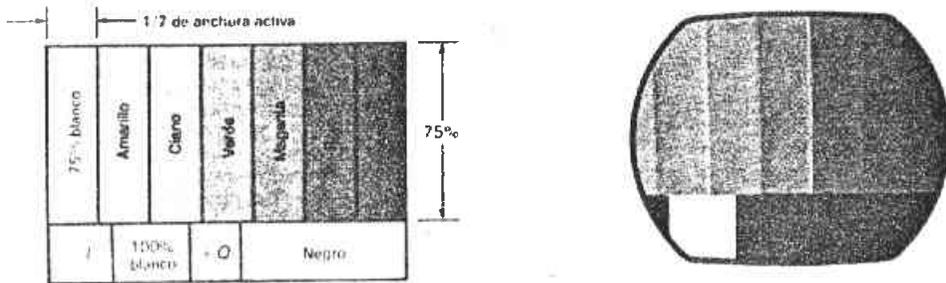


Figura 2-31. Patrón de Imagen "Barras de Color" y la imagen de un receptor con la señal de prueba .

Los valores marcados en los escalones, tales como +77 para el blanco y +28 para el rojo, son los niveles de luminancia Y en cada una de las barras. Para la barra blanca de la izquierda, el valor Y de 0.77 está calculado como sigue. Primero, restando de 100 las 7.5 unidades IRÉ de ajuste se tienen 92.5 unidades de variación de señal. Luego tomando el 75 % de 92.5 unidades resultan $0.75 \times 92.5 = 69.375$ unidades. Finalmente, volviendo a sumar las 7.5 unidades de ajuste se tienen $69.375 + 7.5 = 76.875$ IRÉ

Los valores de C para las barras de color estándar son valores de pico de croma de la señal subportadora modulada de 3.58 MHz son los indicados si se tienen en cuenta las 7.5 unidades IRÉ del ajuste. Así los valores de la señal C para el amarillo tienen ± 31 unidades alrededor del eje Y de 69. El pico está en $69 + 31 = 100$ unidades. El pico de 100 unidades IRÉ lo alcanza también la barra de ciano.

El hecho de que el pico sea de 100 unidades IRÉ para las barras de amarillo y ciano proporciona una verificación útil de las amplitudes relativas.

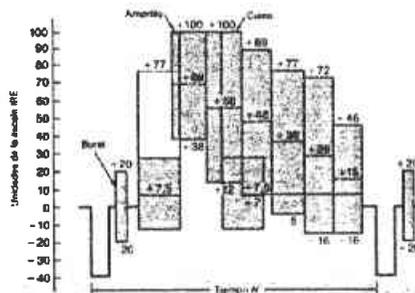


Figura 2-32. Señal de Barras de Color con los valores correspondientes de I, Q y Y.

2.4.4- Monitor de color (Vectorscopio).

Este dispositivo permite determinar los ángulos de las cromas que generan la imagen de color, es un dispositivo que grafica los ángulos de acuerdo a los colores primarios y los complementarios, en la rejilla del instrumento se aprecia un círculo con la distribución de las cromas, la luminancia se obtiene de la magnitud del vector y el ángulo determina la tonalidad. Se debe tener como referencia el "Burst" para



2. "Sistema de Televisión a color en México"

obtener una buena lectura de los parámetros, en este caso solo controlamos la intensidad, el enfoque del dispositivo. La amplitud de "Burst" deberá estar situada en un máximo de 1 y la fase relativa del color deberá ser cero $\pm 1^\circ$ respecto al nivel de blanking.

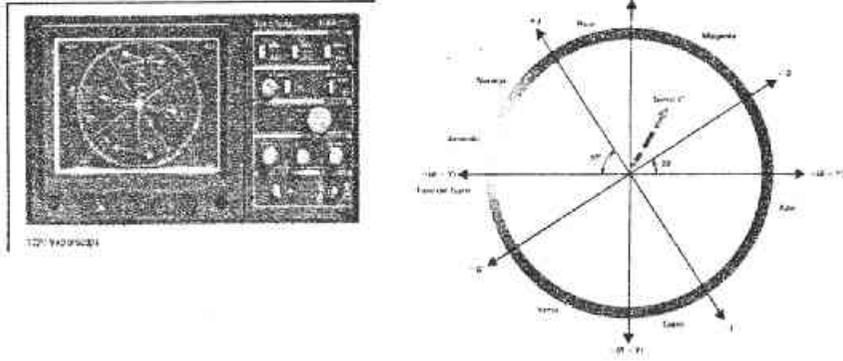


Figura 2-33. Vectorscopio y círculo de color que representa la longitud y fase de crominancia.

2.4.5- Monitor de audio (Vúmetro).

Se tiene para cumplir con este objetivo un instrumento como son unas bocinas con un control de volumen que nos permite escuchar el audio que se recibe, el medidor de nivel de audio es un equipo esencial que se utiliza para verificar el rango de nivel de amplitud donde se manifiesta un audio activo. Permite evaluar el nivel de amplitud del audio de la señal de T.V. que se esta recibiendo; Esta medición se hace ya sea analógico (galvanómetro), o en la forma que utiliza barra de leds, permitiéndonos medir el nivel de amplitud de UV (unidades de volumen) que presenta la señal.

El nivel nominal de audio debe situarse en 0 UV. Para el monitoreo del audio se requiere de bocinas de alta fidelidad y durabilidad ya que de esto depende la evaluación del audio que se realiza en forma cualitativa. Cuando se evalúa la fidelidad que tiene la señal de audio a través de la bocina, se realiza en forma directa; es decir, es una evaluación cualitativa que sirve para detectar algún problema de ruido o cualquier otra señal no deseada, además de supervisar que no se presente alguna distorsión o saturación por alto nivel o por otra circunstancia. Este instrumento indica la potencia del audio recibido, con una escala establecida en dB con un rango de -25 a +14 dB, considerándose como normal un nivel de 0 a +4 db.



Figura 2-34. Vumetro.



2. "Sistema de Televisión a color en México"

2.5.- Situación actual de los sistemas de Televisión en México.

2.5.1-Televisión abierta.

Los sistemas de televisión en nuestro país pueden dividirse en dos grupos según si los servicios que prestan son para todo el público (transmisiones abiertas) o sólo para una fracción de usuarios bajo el pago respectivo de los servicios de televisión recibidos. Los sistemas abiertos están difundiendo su programación en las bandas de VHF y UHF, a las cuales el receptor puede acceder mediante el acoplo de la antena correspondiente y la sintonización del canal respectivo. En este caso tenemos dos empresas de cobertura nacional; Televisa es el grupo más grande con una cobertura en toda la república mediante su cadena de estaciones repetidoras conformada por 4 canales principalmente: El canal de las Estrellas, El canal de la ciudad, Canal cinco y Galavisión. El canal 4 es transmitido solo en la Ciudad de México, los otros tres canales son distribuidos en la República Mexicana utilizando el Solidaridad II, para los Estados Unidos y Canadá se utiliza el Telstar7 de propiedad Estadounidense, la cobertura de la señal en Europa se realiza utilizando el PAS 3R. El telepuerto de comunicación de Televisa se encuentra en San Ángel. D.F.

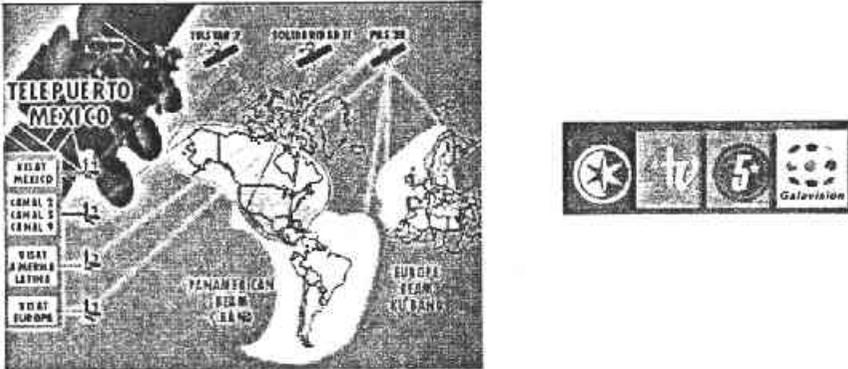


Figura 2-35. Satélites y sus coberturas utilizados por Televisa para la transmisión de los canales 2,5 y 9.

El segundo grupo líder en transmisiones abiertas es TV Azteca, el cual tiene cobertura en todo el país, parte de los estados fronterizos para la comunidad hispana en EUA; sus canales de cobertura nacional son: Azteca 7 y Azteca 13; Seguidos de ellos esta la televisora CNI de canal 40, el cual transmitía de manera local para la Ciudad de México, pero implementó un sistema de comunicación y retransmisión en varias ciudades importantes del país con un enlace de microondas a CONTEL y utilizando enlace satelital mediante el SATMEX V desde diciembre de 2003. El mapa muestra las ciudades con cobertura de CNI.



Figura 2.36. Mapa de la República Mexicana con cobertura de CNI.



2. "Sistema de Televisión a color en México"

La televisión en formato abierto tiene a la UNAM transmitiendo en el canal 22 para la Ciudad de México, sus instalaciones se encuentran dentro de Ciudad Universitaria en el Pedregal. Esta transmisora tiene una programación enfocada en ámbitos escolares como aprendizaje de herramientas de cómputo, idiomas, programas culturales y de desarrollo deportivo. La cobertura se realiza sólo a lugares específicos de la República mediante la Red Edusat. El Instituto Politécnico Nacional también tiene un espacio de transmisión televisiva en el Canal 11, de programación orientada a los aspectos educativos de la comunidad universitaria y de nivel medio superior; Sus instalaciones se encuentran localizadas en el Casco de Santo Tomás donde transmiten de manera local para la Ciudad de México.

Entidad Federativa	Concesionado	Permanente
AGUASCALIENTES	5	1
BAJA CALIFORNIA	23	4
BAJA CALIFORNIA SUR	18	1
CAMPECHE	10	1
COAHUILA	31	3
COLIMA	11	1
CHIAPAS	26	12
CHIHUAHUA	32	9
DISTRITO FEDERAL	8	1
DURANGO	12	0
GUANAJUATO	7	5
GUERRERO	20	2
HIDALGO	4	11
JALISCO	17	6
EDO. DE MEXICO	8	7
MICHOACAN	22	7
MORELOS	3	3
NAYARIT	8	1
NUEVO LEON	9	3
OAXACA	23	8
PUEBLA	6	2
QUERETARO	5	0
QUINTANA ROO	12	6
SAN LUIS POTOSI	16	5
SINALOA	16	0
SONORA	30	53
TABASCO	13	0
TAMAULIPAS	35	1
TLAXCALA	0	5
VERACRUZ	16	5
YUCATAN	9	3
ZACATECAS	13	3
TOTAL	468	169

Tabla 2-3. Canales de transmisión abierta en México.



2. "Sistema de Televisión a color en México"

2.5.2- Televisión restringida.

Los sistemas de televisión abierta no son la única opción, existen los servicios denominados restringidos o de paga, los cuales ofrecen canales de programación informativa, deportes, películas, musicales, etc. a cambio de una renta o un pago por los servicios prestados; de este tipo televisión tenemos una clasificación según el medio que usan para transmitir sus señales hasta el equipo receptor:

- Servicios de televisión directa al hogar por Cable. (Cablevisión)
- Servicios de televisión directa al hogar por microondas (Multivisión, MásTV)
- Servicios de televisión directa al hogar por satélite (Sky, DirecTV)

Los servicios de televisión directa al hogar por cable utilizan una conexión desde la central de distribución hasta el hogar del receptor mediante cable coaxial, el cual permite enviar la información de video hasta los decodificadores correspondientes y la salida de estos al receptor de TV que debe estar sintonizado en una frecuencia estándar como lo es el canal 3. La empresa Cablevisión tiene inversión del grupo Televisa y los suscriptores pagan una renta mensual por una cantidad de canales recibidos en su receptor, los servicios denominados "eventos especiales" son proporcionados por un pago especial previa solicitud del usuario. Actualmente se encuentra en una etapa de evolución a un sistema digita, el cual consiste en cambiar el cableado a un coaxial que soporta un ancho de banda mayor que el actual, esto con el fin de ofrecer los servicios de Internet vía "cablemodem" y además los servicios de HDTV en los receptores; cabe destacar que este último es un prototipo que se encuentra en exhibición en plaza Satélite en la Ciudad de México. El servicio por cable comenzó a funcionar con referencia a la Norma Técnica que se tenía establecida y que fue publicada en el Diario Oficial de la Federación el 24 de Septiembre de 1974, la Secretaría de Comunicaciones y Transportes revisó y publicó la Norma Oficial Mexicana de Especificaciones y Requerimientos para la Instalación y Operación de Sistemas de Televisión por Cable. NOM-05-SCT1-93. en 1993 para los parámetros requeridos a las estaciones transmisoras que hoy se encuentran vigentes.

Los sistemas de televisión vía microondas ocupan una buena parte de los usuarios de televisión de paga, los sistemas de microondas fueron proporcionados principalmente por la empresa Multivisión en la Ciudad de México, su estación de transmisión se encuentra en el Cerro del Chiquihuite, lugar de altas prestaciones para la transmisión de señales debido a su gran altitud y línea de vista de la ciudad. Esta empresa utiliza un equipo de microondas para realizar la emisión de señales, el receptor está conformado por una antena de Microondas, un LNB (reductor de señal a ruido) y un circuito decodificador que permite que la señal sea llevada a frecuencia de video para que el televisor reproduzca la imagen. En el 2002 la empresa cambió su nombre debido a algunos problemas de servicio y adoptó el nombre de MÁSTV. La diferencia entre los servicios de cable es básicamente una antena que recibe las señales directamente del transmisor y que para recibir el servicio es necesario contar con línea de vista hasta el receptor final.

Los sistemas de televisión vía satélite son los más recientes en cuestión de implementación en nuestro país, la implementación comenzó a mediados de la década de los 80s; no había gran difusión de estos servicios debido a su alto costo de instalación y servicios limitados, las primeras antenas eran platos parabólicos de 1.5 metros de radio y había que ajustar la posición para recibir un canal con señal de un satélite adyacente; las empresas DirecTV y Sky entraron al país con ofertas de satélites dedicados a la retransmisión de señales de televisión a finales de 1996. Se redujo el tamaño del plato de la antena de Off-Set a 50 cm. de diámetro, con un LNB bajan la señal al decodificador que entrega su salida al receptor final de TV. Cabe recordar que la tecnología satelital se ha usado para transferir información intercontinental, pero no se había implementado a una gran escala para cuestiones comerciales y directas al hogar.



2. "Sistema de Televisión a color en México"

Los sistemas de paga han incrementado sus suscriptores en los últimos años, de forma que ocupan casi el 20% del número de receptores de televisión que hay en nuestro país. La siguiente tabla muestra los datos obtenidos por el INEGI en el Censo anterior al 2004. Es de notar que existen más hogares que cuentan con servicios de televisión de paga que con servicios de Internet.

Equipamiento del hogar	2002		2004	
	Absolutos	Por ciento	Absolutos	Por ciento
Total de hogares	24.682.492	100	26.326.756	100
Hogares con computadora	3.742.824	15,2	4.744.184	18
Hogares con conexión a Internet	1.833.504	7,4	2.301.720	8,7
Hogares con televisión	23.092.909	93,6	24.131.830	91,7
Hogares con televisión de paga	3.785.962	15,3	5.064.252	19,2

Fuente: INEGI. Módulo Nacional de Computación 2001.

INEGI. Encuesta sobre Disponibilidad y Uso de Tecnología de Información en los Hogares 2002.

INEGI. Encuesta Nacional sobre Disponibilidad y Uso de las Tecnologías de la Información en los Hogares 2004.

Tabla 2-4. Equipamiento de tecnología de los hogares en México hasta 2004.

Usuarios y suscriptores de servicios de telecomunicaciones, 1998-2004 (Miles)

Período	Telefonía móvil (Usuarios) a/	Televisión por cable (Suscriptores) d/	Televisión por Micro-ondas (Suscriptores) d/	Televisión vía satélite (Suscriptores) d/
1998	3.350	1.619	288	308
1999	7.732	1.960	355	491
2000	14.078	2.216	246	668
2001	21.758	2.494	329	869
2002	25.928	2.527	265	980
2003	30.098	2.660	503	1.000
2004	31.697	2.578	565	

* Fuente: Comisión Federal de Telecomunicaciones (COFETEL)

Tabla 2-5. Servicios de telefonía celular y Televisión restringida en México hasta 2004.

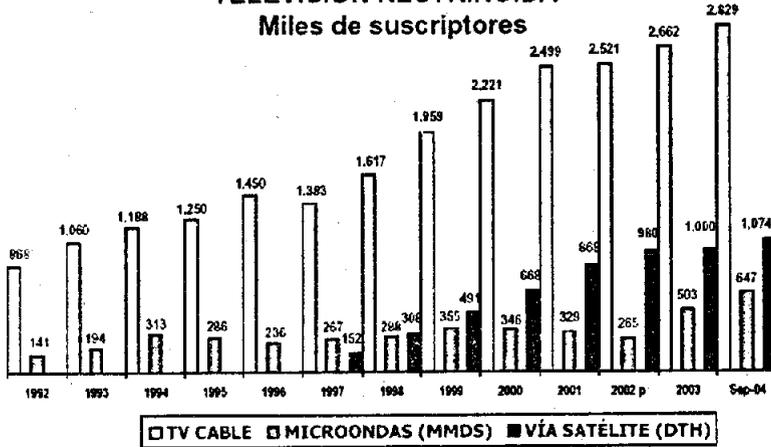
Los usuarios de servicios de televisión de paga se han incrementado en los últimos años, sólo rebasados por el crecimiento de los de Telefonía móvil; los sistemas digitales pretenden abarcar el mercado de los sistemas de telefonía móvil proporcionándoles señales de televisión.

Los sistemas restringidos han tenido un crecimiento en los últimos años siendo la televisión por cable el servicio con mayor número de suscriptores, los servicios de televisión que ofrecen estos sistemas restringidos tienen una tendencia al incremento de la calidad de la señal de televisión, Cablevisión hace lo propio con los estándares de HDTV para cable y Sky será la encargada de los correspondientes a HDTV de servicios por satélite. Los usuarios de sistemas abiertos son el 80% de los receptores del país, estos deberán tener el beneficio de las mejoras tecnológicas directamente de las empresas difusoras de TV del país.



2. "Sistema de Televisión a color en México"

TELEVISIÓN RESTRINGIDA
Miles de suscriptores

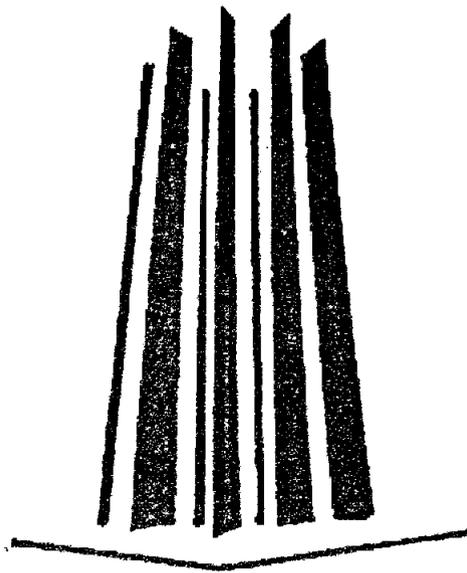


FUENTE: Dirección General de Tarifas e Integración Estadística COFETEL con información de los concesionarios.
a. Cifras preliminares a partir de la fecha que se indica

FR-03 1-0011-08 40047-01 Rev. 08

Figura 2-37. Gráfica de usuarios de televisión restringida en México de 1992 a septiembre de 2004.

Como puede observarse en este análisis, los sistemas de televisión de paga han incrementado notablemente sus suscriptores, pero no alcanzan a cubrir ni la tercera parte del total de receptores del país. El conjunto de opciones posibles para la recepción de canales de televisión es muy variada como lo hemos podido ver, sin embargo, los sistemas de paga ofrecen una mejor calidad y variedad de servicios debido a su necesidad de cumplir satisfactoriamente con las necesidades de sus clientes en un mercado competitivo, para los usuarios de sistemas abiertos, la necesidad de un sistema que ofrezca una mejor calidad de imagen y sonido se presenta con los sistemas HDTV; mismos que se estudiarán a continuación.



FES "ARAGÓN"

Capítulo 3



3. "Sistemas de HDTV existentes."

Capítulo 3. "Sistemas de HDTV existentes."

3.1.- Televisión Digital.

Los adelantos y mejoras de los circuitos han orillado a la digitalización de todos los sistemas y la televisión no podía ser la excepción, dicha etapa ha sido propiciada por el hecho de que la tecnología digital ofrece una serie de ventajas tales como mantenimiento de la calidad gracias a la fácil regeneración de la señal, posibilidad de implementación de diversos procesos (como la memorización) que no es posible con tecnología analógica y un precio cada vez más bajo de la tecnología digital.

3.1.1.-Sistemas Digitales.

La implantación de la tecnología digital está orientada a tres campos de la televisión:

A) Producción de programas: Comprende acciones como la toma de imágenes, la reproducción, la grabación, la edición y la postproducción; es decir, todas las acciones que deben llevarse a cabo antes de que la señal salga del estudio.

B) Transmisión: Se trata de los equipos que transportan la señal desde el centro de producción de programas hasta los repetidores principales.

C) Difusión: Todos los transmisores que emiten la señal al público: satélites, repetidores finales terrenales.

La primera etapa de la digitalización se dio en la producción, casi todos los procesos que se llevan a cabo hoy día en un estudio son digitales. En la transmisión de la señal se iba avanzando poco a poco, introduciendo como paso inicial el sonido digital. El campo de la emisión de la señal a los hogares era en el que menos se había extendido la nueva tecnología, pero en los últimos años (especialmente en el último) se ha dado un gran paso con la difusión de señal digital a los hogares, como el Canal Digital Satelital y Vía Digital. Aunque la tecnología digital se va introduciendo en el terreno de la toma de imágenes, sobre todo en el campo profesional, hoy en día la mayoría de las cámaras son dispositivos analógicos de captación de imágenes, incluso las de CCDs que son, por su disposición matrices de sensores discretos y siguen siendo esencialmente analógicas. Esto quiere decir que para tener una imagen digital para formar la señal de TV necesitamos digitalizar las señales que nos proporcionan las cámaras. De la misma manera, la pantalla del televisor es un dispositivo analógico, por lo que la señal digital recibida deberá ser devuelta a su formato analógico para que sirva de entrada al TRC. Además de la digitalización, tendremos que introducir un bloque de compresión de información para que la televisión en formato digital pueda transmitirse en los espacios espectrales destinados a la transmisión de este servicio.

Una vez digitalizada la señal con la frecuencia de muestreo adecuada, se cuantifica con un número de bits que oscila de 8 a 10 bits. Existen dos formas de implementar la digitalización de la señal de video: digitalizar la señal de color compuesta o digitalizar cada componente, ambas formas tienen sus ventajas e inconvenientes por lo que surgieron discusiones a la hora de emitir una norma que regulara la digitalización de la señal de video, ya que había partidarios de ambas opciones.



3. "Sistemas de HDTV existentes."

Formato Compuesto.- Consiste en digitalizar la señal de color compuesta, es decir, la señal codificada en NTSC, las ventajas del formato compuesto son: el uso de un único digitalizador, coexistencia con los equipos analógicos que han alcanzado un alto nivel de prestaciones y calidad, aunque esta ventaja sólo existirá como tal hasta que estos equipos analógicos sean también absorbidos por la tecnología digital.

Los inconvenientes del formato compuesto son que aunque se elija una frecuencia de muestro universal seguirá existiendo la incompatibilidad de los sistemas, además de mantener los problemas que tenían las distintas normas como errores de fase que provocan errores de tono en NTSC o de saturación en PAL, Cross-color y cross-luminancia.

3.1.2.-Formato en Componentes.

Se digitalizan tres señales en lugar de una, la luminancia (Y) y las dos señales de color ponderadas, $k_1(R-Y)$ y $k_2(B-Y)$, para el caso de que la señal nos la proporcione directamente una fuente de imagen. Si la señal viene de algún sistema que entregue a su salida el formato de señal de video compuesto, como por ejemplo una película de video grabada con tecnología analógica, habrá que descomponer en componentes previamente.

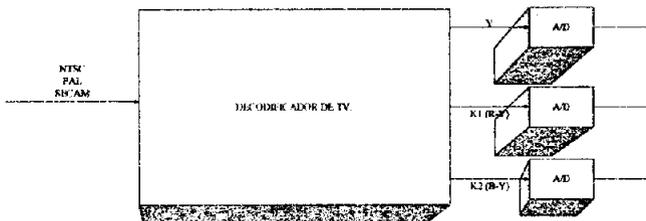


Figura 3-1. Esquema de digitalización formato en componentes.

La ventaja de este sistema es que al digitalizar la base de los tres sistemas de codificación de la señal de TV compuesta, sus componentes desaparecen las incompatibilidades entre sistemas, pudiéndose emitir, a partir de aquí, una norma universal que unifique todos los sistemas definiendo parámetros comunes como la frecuencia de muestreo, el número de bits por muestra, etc. Se eliminan los efectos nocivos de todos los sistemas: cross-color; pero denota como inconveniente el uso de tres digitalizadores y tres canales para transmitir las tres señales digitalizadas.

3.1.3.-Frecuencia de muestreo.

La señal de salida de las fuentes de señal de video es una señal analógica, por lo que habrá que digitalizarla. Para ello habrá que determinar en primer lugar la frecuencia de muestreo, la cual deberá cumplir una serie de condiciones: El Criterio de Nyquist: $f_s > 2f_{max}$, muestreo ortogonal, es decir que haya el mismo número de muestras por cada línea y elegir un múltiplo entero de todas las fH existentes, en los diferentes sistemas f_s se obtendrá para el sistema 525 líneas una $f_s=858 fH$.



3. "Sistemas de HDTV existentes."

A) Recomendación ITU-R 601 (SMPTE-125) Society of Motion Picture a TV.

La recomendación ITU-R define las especificaciones para preparación de la señal, el muestreo y la digitalización de la señal de video incluyendo el audio. La recomendación de la ITU 601 es una norma mundial que fue emitida en 1982 y que ha sufrido 5 diferentes revisiones: en 1986, 1990, 1992, 1994 y 1995. En realidad la norma es una familia de normas compatibles de codificación digital; los distintos niveles de dicha familia corresponden a diferentes niveles de calidad. Así se tienen las normas 4:2:2, 4:4:4, 2:1:1, 8:4:4, etc. En todos los casos se trata de un formato de digitalización en componentes, es decir, las señales digitalizadas serán Y, k1(R-Y) y k2(B-Y).

B) Muestreo.

El muestreo debe ser ortogonal. Para la norma 4:2:2, que es la básica, las frecuencias de muestreo seleccionadas son para la luminancia de 13.5 MHz y para ambas componentes de crominancia de 6.75 MHz. 4:2:2 indica que la señal de luminancia se muestrea al doble de frecuencia que las dos componentes del color. Así en todas las normas los números indican la relación entre las frecuencias de muestreo de la luminancia (primer factor) y ambas señales de crominancia. Con estas frecuencias de muestreo se obtienen de 525 líneas para Y: 858 muestras/línea y R-Y y B-Y: 429 muestras/línea pero el número de muestras activas/línea es de 720 de luminancia y 360 de crominancia.

3.1.4.-Margen Dinámico.

El margen dinámico de las tres señales es de 1V. La señal de luminancia podrá tomar valores comprendidos entre 0 y 1v, mientras que las dos señales diferencia de color (R-Y y B-Y) entre $\pm 0.5V$. Teniendo en cuenta que las señales Y, R, G y B están normalizadas entre 0 y 1, R-Y alcanza valores comprendidos entre ± 0.701 ($+0.701$ para el rojo saturado al 100% y -0.701 para el cian saturado al 100%) y B-Y entre ± 0.886 ($+0.886$ para el azul saturado al 100% y -0.886 para el amarillo saturado al 100%). Por lo que se utilizan coeficientes ponderadores para reducir estos valores a $\pm 0.5V$. Así, las señales que se digitalizan son: Y, $0.713(R-Y)$ y $0.564(B-Y)$.

3.1.5.-Niveles de Cuantificación.

Se cuantifican las muestras, tanto de luminancia como de las dos señales de crominancia, con 8 bits/muestra, $2^8 = 256$ niveles de cuantificación equidistantes (de 0 a 255) para cada señal. Los niveles 0 y 255 se utilizan para datos mientras que del 1 al 254 se utilizan para video. La señal de luminancia ocupa solamente 220 niveles, correspondiendo el negro al nivel 16 y el Nivel de blanco en 235. De la misma forma, las señales diferencia de color van a ocupar 225 niveles, correspondiendo el 0 al nivel 128 -0.5 para el 16 y 0.5 para el 239.

El número de muestras activas por línea es 720 de luminancia y 360 de crominancia, pero en el sistema 525 líneas-30 Hz tenemos 858 muestras/línea de luminancia y 429 de crominancia, de aquí que el origen de tiempos para comenzar el muestreo se sitúa en el punto OH, que corresponde al punto donde la amplitud del pulso de sincronismo ha caído un 50%. Antes y después de este punto, se dejarán pasar un número de periodos de muestreo sin tomar muestras, tiempo que se hace corresponder con el pulso de sincronismo horizontal, que es una información que el receptor podrá regenerar, después del punto OH sin



3. "Sistemas de HDTV existentes."

tomar muestras ocurren 122 periodos de muestreo, es decir, 122 muestras de luminancia (de la 736 a la 857) y 61 muestras de crominancia (de la 368 a la 428). Después de estos 122 periodos de muestreo se toman las muestras activas, las 720 para la luminancia y 360 para la crominancia. Y finalmente, existe otro tiempo de supresión digital (tiempo en que no se toman muestras) al final de cada línea (16 periodos de muestreo).

La norma que se denomina "norma 4:2:2" expresión que proviene de la relación entre las frecuencias de muestreo de la luminancia y las dos señales diferencia de color. La tabla siguiente muestra las familias existentes así como la utilización de cada una de ellas:

Familia	Frecuencia de muestreo (MHz)			Muestras activas/línea			Utilización
	Y	Cr	Cb	Y	Cr	Cb	
4:2:2	13.5	6.75	6.75	720	360	360	Calidad de estudio
2:1:1	6.75	3.375	3.375	360	180	180	Calidad reportaje
4:4:4	13.5	13.5	13.5	720	720	720	Procesos que necesitan alta calidad del color (croma-key)
8:4:4	27	13.5	13.5	1440	720	720	T.V. de alta definición

Tabla 3-1. Muestreo según ITU-R 601.

3.1.6.-Compresión de la señal de TV.

La tecnología de codificación de audio y video digital han permitido el desarrollo de diversos productos sobre todo en aplicaciones audiovisuales como video bajo demanda, TV digital y bases de datos multimedia. El grupo MPEG (Moving Pictures Expert Group) junto con la Organización Internacional de Estandarización (ISO) han desarrollado una serie de estándares audiovisuales conocidos como MPEG-1 y MPEG-2.

La norma de compresión más popular de tono continuo y de trama pausada se llama JPEG (Joint Picture Expert Group), se basa en tres diferentes sistemas: un sistema de codificación basado en la Transformada Discreta del Coseno, un sistema de codificación extendida para mayor compresión o reconstrucción progresiva y un sistema de conversión independiente sin pérdida para compresión reversible. De aquí que para cada frame MPEG utilice la técnica basada en JPEG, y para el movimiento de la imagen algoritmos de predicción.

A) Codificación MPEG para video digital.

La compresión de imágenes se plantea en el momento en que se pretende codificar una imagen como una señal digital. El problema reside en la cantidad de bits que se necesitan para realizar dicha codificación. Una Imagen estática en color con calidad TV y formato 4:3 necesita de 512 pixeles x 768 pixeles x 3 bytes/pixel = 1.2 MB, la secuencia de TV en color requiere de 512 pixeles x 768 pixeles x 3 bytes/pixeles x 30 imágenes/seg. x 8 bits/byte = 280 Mb/s. El régimen binario necesario para transmitir una señal de video digital es de 280 Mb/s., si se pretendiera utilizar ese ancho de banda transmitiendo en canales de voz (64 Kb/s), se tendría que ocupar la capacidad de 3,687 canales vocales, lo cual proporciona una idea de la gran relación existente entre las capacidades requeridas para la transmisión del video digital con respecto al canal vocal. Además, en los sistemas de TV analógicos, el ancho de banda disponible para un canal de T.V. es 6 MHz, por lo que necesitamos reducir su régimen binario 280 Mb/s en un factor de 20 o 30 veces.



3. "Sistemas de HDTV existentes."

En la transmisión de imágenes el objetivo principal de la compresión es la reducción de régimen binario aún a costa de perder cierta información (pérdida de calidad), mientras que en el segundo caso se necesita reducir el número de bits por imagen para poder guardarlas en un espacio menor, pero pudiéndose reconstruir posteriormente la información de forma exacta.

La compresión basada en MPEG puede ser explicada en 6 pasos, considerando las diferentes etapas con un sistema de televisión a color basado en NTSC, aunque la compresión parece exagerada, la reducción de volumen se da de acuerdo a las ventajas del sistema que determina una velocidad de 1.15 Mbit/seg.

Paso 1: Utilizar las frecuencias y valores de señal de estudio, basados en la denominada D-1 del CCIR 601 la señal de video es codificada a 270 Mbits/segundo; de esta constante de frecuencia se tiene:

Luminancia(Y)	858 muestras/línea X 525 líneas/cuadro X 30 cuadros/seg. X 10 bits/muestra = 135 Mbist/seg
R-Y (Cb)	429 muestras/línea X 525 líneas/cuadro X 30 cuadros/seg. X 10 bits/muestra = 68 Mbist/seg
B-Y (Cb)	429 muestras/línea X 525 líneas/cuadro X 30 cuadros/seg. X 10 bits/muestra = 68 Mbist/seg
Total	27 millones de muestras/segundo X 10 bits/muestra 270 Mbits/seg.

Tabla 3-2. Muestras por componentes de video.

Por lo que en este momento tenemos un factor de compresión de 270/1.15, algo así como 235:1

Paso 2: Los tiempos de blanqueo. Solo 720 de las 858 muestras de luminancia por línea contienen información de video activa, de inmediato podemos decir que el estándar de información por línea debe estar entre 704 y 720 muestras; además de que 480 líneas de las 525 líneas contienen información activa de video. Entonces reducen el número de líneas activas entre 480 y 496; MPEG utiliza solo los parámetros de información de niveles considerables y determinó que el número de muestras es de 704 X 480 líneas para luminancia, y 352 muestras X 480 líneas para la información de video de las dos crominancias; haciendo un recuento:

Y	704 muestras/línea X 480 líneas X 30 cuadros/s X 10 bits = 104 Mbits/seg.
C	2 componentes X 352 muestras/línea X 480 líneas X 30 cuadros/seg. X 10 bits/muestra = 104 Mbits/seg.
Total	207 Mbits/seg.

Tabla 3-3. Muestras por componentes de video de cuadros útiles.

Por lo que ahora tenemos 207/1.15, un valor aproximado de 180:1.

Paso 3: Estamos incluyendo altos valores de bit/muestra. En abril de 1992 la norma MPEG fue ajustada para que la extensión de 10 bits en niveles de estudio decreciera a 8 bits, esto porque consideraron que en el estudio no se utilizaban los bits de rango extra dedicados a aplicaciones interactivas. Por esta razón el nivel de información queda reducido a 180 (8/10), es decir: 144:1.

Paso 4: Incluir los muestreos de alta frecuencia de crominancia. La recomendación CCIR-601 determinó representar las señales de crominancia como (Cb, Cr), considerando la mitad de densidad horizontal de la señal de luminancia muestra, pero con la resolución vertical completa, este valor de sub-muestreo de



3. "Sistemas de HDTV existentes."

componentes es conocido como 4:2:2, algunas veces MPEG-2 especifica un uso exclusivo de formato 4:2:0 para algunas aplicaciones de baja calidad; en ambos casos tenemos que las señales de resolución de luminancia son la mitad horizontal y vertical completa. La cantidad de muestras por pixel son ahora 2 (1 bit para Y, 0.5 para Cb y 0.5 para Cr); en caso de estudio se utiliza una relación 4:2:0 (1 bit para Y, 0.25 para Cb y 0.25 para Cr); gracias a esta reducción el nivel de información de video queda como 720 pixeles X 480 líneas X 30 cuadros por segundo X 8 bits/ muestra X 1.5 muestras/ pixel = 124 Mbits/seg. y el factor de compresión es 108: 1.

Paso 5: Incluir un sub-muestreo previo del tamaño de la imagen. En el final de la precompresión la recomendación 601 indica que los cuadros deben ser convertidos a SIF (Cuadro con un muestreo simple) de 2:1 en direcciones horizontal y vertical; la calidad horizontal es archivada para la aplicación en un siguiente cuadro (pueden ocuparse entre 7 y 4) y el muestreo vertical puede ocuparse en otros cuadros, de forma que ahora se ocupan solo 252 pixeles X 240 líneas X 30 cuadros/segundo X 8 bits/muestra X 1.5 muestras/pixel = 30 Mbits/segundo.

Paso 6: Compresión real. Algunos de los factores de compresión se sitúan en 20:1 es decir de capacidades de 24 Mbits/seg. Para reconstruir una secuencia de forma segura, otros que conservan secuencias de características temporales-espaciales permiten tener factores de compresión de 12:1 o de 8:1; cuando no se cuida el aspecto de compresión en un factor adecuado, pueden causarse efectos de "congelamiento de imagen".

B) Compresión MPEG para video digital.

La codificación de video MPEG consigue altas tasas de compresión de la señal de video eliminando no sólo redundancias espaciales sino también temporales, para conseguirlo se basa en dos filosofías fundamentales: la codificación para una imagen fija, es decir, eliminar redundancias dentro de una misma imagen y la determinación de vectores de movimiento que es base para eliminar redundancias entre imágenes sucesivas. El objetivo de este estándar, es el primero y más básico de todos los emitidos, consiste en la transmisión o almacenamiento de imágenes móviles con una tasa binaria fija de 1.5 Mb/s. Además de un acceso aleatorio, una búsqueda rápida y la reproducción hacia atrás.

La gran relación de compresión que consiguen los estándares MPEG se debe a que combinan diversas técnicas, el esquema general de un codificador de una imagen esta basado en un proceso de codificación de imágenes fijas que se compone de tres fases:

La Transformación se encarga de cambiar el dominio de la imagen utilizando la Transformada del coseno para la norma MPEG. La TDC no se aplica sobre la imagen completa, previamente la imagen se divide en bloques y es sobre cada uno de estos bloques sobre los que se aplica la transformación. Esta división previa de la imagen se realiza porque de este modo disminuye la cantidad de memoria necesaria para realizar cálculos, y además, se consigue que la transformación se adapte mejor a la estadística de la imagen, en MPEG se utiliza un tamaño de bloque de 8x8.

La cuantificación se realiza ya que se han obtenido los coeficientes de la imagen en el nuevo dominio, se asignan los valores a un número finito de bits. Es en este punto donde se introducen las pérdidas de compresión. La codificación es el flujo de bits de salida del cuantificador, se suele codificar utilizando algún método de codificación entrópica.



3. "Sistemas de HDTV existentes."

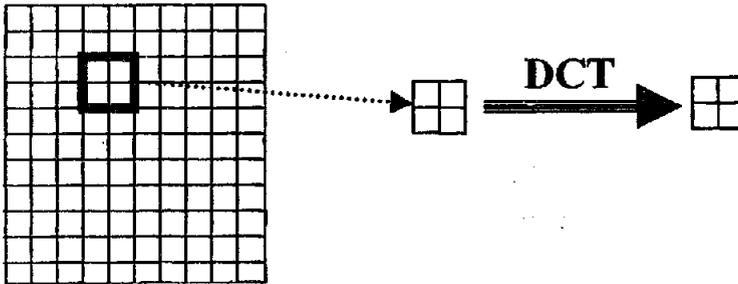


Figura 3-2. Bloques de imagen para la Transformada Discreta del Coseno.

La gran compactación de coeficientes es debido a un número pequeño de coeficientes de valor considerable. El resto de coeficientes son cero o de valor muy pequeño. Ello es debido a que la DCT transforma la imagen al dominio de la frecuencia, es decir, los coeficientes resultantes de la DCT corresponden a distintas frecuencias de la imagen. Como una imagen es normalmente una señal de baja frecuencia sólo los coeficientes pertenecientes a estas frecuencias serán considerables. La división de la imagen en bloques, mejora esta compactación ya que independiza las componentes frecuenciales que tenga un bloque con las que pueda tener otro. Esta compactación mejora el factor de compresión ya que los coeficientes que son nulos o de valor muy pequeño no se transmiten.

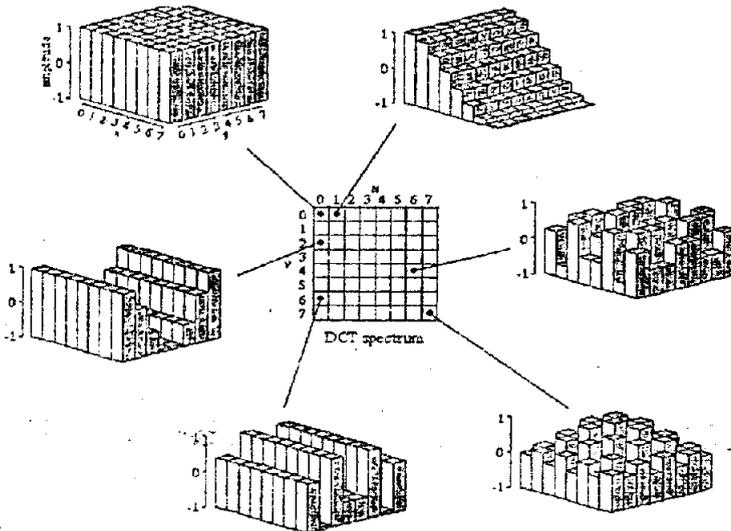


Figura 3-3. Niveles de coeficientes independientes en cada bloque de imagen.

Las degradaciones se producen en una imagen cuando se comprime, si se desea comprimir demasiado debemos considerar el compromiso entre el ancho de banda que ocupa una imagen comprimida y la degradación producida en la misma. Las principales degradaciones que se producen en una imagen



3. "Sistemas de HDTV existentes."

comprimida con un codificador de DCT son el ruido granular, el cual se produce al cuantificar los coeficientes que tienen precisión infinita con un número finito de bits, esta degradación se presenta en la imagen como una especie de nieve.

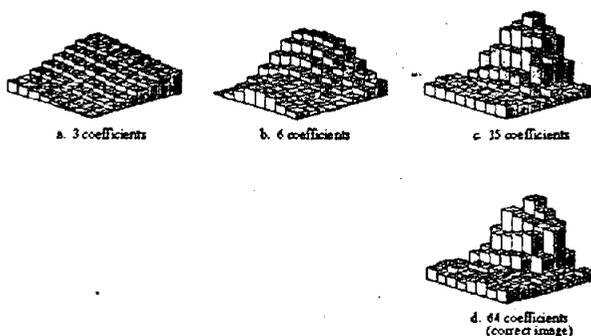


Figura 3-4. Diferencia entre los niveles de coeficientes utilizados y la calidad de imagen

La pérdida de resolución es debido a que los coeficientes con valores muy pequeños no se transmiten. Normalmente, debido a que las imágenes son señales de baja frecuencia, los coeficientes eliminados corresponden a las altas frecuencias de la imagen, las cuales no se transmiten y por último, el efecto bloque que aparece porque la DCT se aplica sobre bloques no sobre la imagen global, por lo que de alguna manera se independizan los bloques entre sí, observándose en la imagen recuperada la separación entre los mismos, esta última es la degradación más visible y molesta.

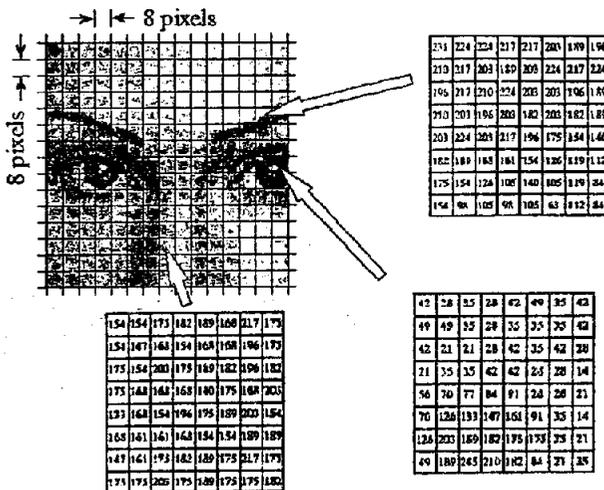


Figura 3-5. Valores de bloques de 8 pixeles para una imagen.



3. "Sistemas de HDTV existentes."

3.1.7.-Compensación de movimiento.

Esta técnica tiene como objetivo principal eliminar la redundancia temporal entre las imágenes que componen una secuencia con el fin de aumentar la compresión. Para eliminar dicha redundancia, la idea inicial que puede ocurrirnos es transmitir la diferencia entre un pixel situado en la posición (x,y) de un fotograma (imagen) y el pixel situado en la misma posición pero en el fotograma siguiente. Con este método obtendríamos un buen resultado siempre y cuando las imágenes fueran estáticas, es decir, que no hubiese movimiento entre ellas. Pero esto es una situación bastante irreal, ya que en las escenas normales los objetos que aparecen en ellas se van desplazando, y por tanto, el método básico anterior, no es válido.

La norma MPEG deja libertad al diseñador del codificador-decodificador de elegir el método de cálculo, la base de los primeros métodos de estimación (métodos de bloque) son los más intuitivos y consisten en dividir la imagen en bloques, de la misma manera que se divide para realizar la DCT. Para cada bloque (B) de la imagen n se busca el bloque de la imagen $n+1$ que más se le parezca (B^*), y una vez encontrado, el vector de movimiento que se asume para todos los pixeles de dicho bloque será el mismo e igual.

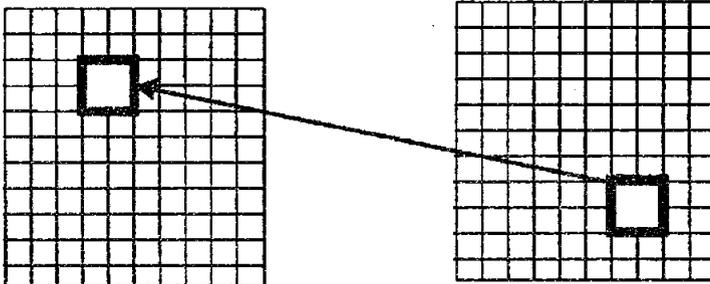


Figura 3-6. Vector de movimiento en una imagen (dos cuadros)

A) Codificación entrópica.

Se utilizan codificadores entrópicos que son aquellos que tienen en cuenta la frecuencia de aparición de los símbolos a la hora de asignarles un código binario de representación, es decir, asignan códigos de longitud variable (CLV). En MPEG, los codificadores utilizados implementan el algoritmo de asignación de Huffman que se basa en asignar códigos de longitud mayor a los símbolos que aparecen menos y más cortos a los símbolos más probables, disminuyendo de esta forma la tasa binaria.

MPEG (Motion Picture Expert Group). Definida también como ISO/CCITT MPEG para la compresión de datos de imágenes en movimiento, utilizando la técnica de intertrama, además se fundamenta en JPEG lo que resulta en una compresión extra (intra-trama), disminuyendo considerablemente la cantidad de información de las imágenes en movimiento. Originalmente se planearon 4 estándares, para ser utilizados en aplicaciones de video comerciales y no comerciales e inclusive HDTV.

B) Acceso aleatorio.

La codificación que se utiliza en MPEG para eliminar la redundancia espacial es una codificación diferencial, se transmiten las diferencias entre un fotograma y el siguiente compensado (exactamente se



3. "Sistemas de HDTV existentes."

transmite la DCT de esas diferencias, los inconvenientes que tiene esa codificación diferencial son dos, principalmente: Para acceder (decodificar) a un fotograma en concreto se necesita decodificar todos los anteriores y en las imágenes que corresponden a un cambio de plano, la codificación diferencial pierde su efectividad, ya que esa imagen no tiene nada que ver con la anterior. Para solucionar estos dos problemas, MPEG introduce la mejora del acceso aleatorio que consiste en intercalar puntos de acceso. Así pues, los distintos tipos de imágenes usados en MPEG son:

- Imágenes intraframe, I: Se codifican como si fuesen imágenes fijas utilizando la norma JPEG, por tanto, para decodificar una imagen de este tipo no hacen falta otras imágenes de la secuencia, sino sólo ella misma.
- Imágenes interframe causales, P: Es la predicción de una imagen con compensación de movimiento a partir de la I o P anterior. Para decodificar una imagen de este tipo se necesita, además de ella misma, la I o P anterior.
- Imágenes interframe bidireccionales, B: Son imágenes que se codifican utilizando la I o P anterior y la I o P siguiente. Para decodificarlas hacen falta, además de ella misma, la I o P anterior y la I o P siguiente.
- Imágenes intraframe de baja resolución, D: Son imágenes de las mismas características que las I pero con menos resolución. Se usan en aplicaciones que no necesitan gran calidad, como el avance rápido.

A medida que aumentamos el número de imágenes I introducimos nuevos puntos de acceso, mejorando así el acceso aleatorio y empeorando la compresión. Se debe llegar a un compromiso en el número de imágenes I a transmitir en una secuencia para mejorar el acceso aleatorio sin empeorar demasiado el orden de compresión. Normalmente se suelen transmitir 2 imágenes de tipo I por segundo.

Una unidad de decodificación es la formada entre dos imágenes I, es decir, para acceder a determinada imagen de una secuencia habrá que decodificar como máximo una unidad de decodificación, por tanto, una unidad de decodificación no debe ser muy larga, para así mejorar el acceso aleatorio. La norma MPEG deja a la elección del diseñador el número y el tipo de imágenes que forman estas unidades.

El orden natural no coincide con el orden de transmisión de las imágenes codificadas; debido a que una imagen sólo puede transmitirse en el momento en que se codifica y las imágenes B son no causales, es decir, necesitan una imagen posterior a ellas para su codificación.

- La imagen I (fotograma 0) puede codificarse ya que se codifica como una imagen fija y no necesita ningún otro fotograma para su codificación.
- Imagen B (fotograma 1) no puede codificarse porque se necesita el I o P anterior el cual ya tenemos: I (fotograma 0), y también el I o P siguiente que sería el P (fotograma 3) el cual aún no ha sido digitalizado; por tanto habría que esperar.
- Imagen B (fotograma 2): estaríamos en la misma situación que en el caso anterior.
- Imagen P (fotograma 3) puede codificarse porque se necesita solamente el I o P anterior, el cual ya tenemos: I (fotograma 0). Ahora que ya tenemos el fotograma 3 (P) podemos codificar y transmitir las dos imágenes B que estaban esperándolo.
- Imagen B (fotograma 4) no puede codificarse porque se necesita el I o P anterior el cual ya tenemos: P (fotograma 3), y también el I o P siguiente que sería el P (fotograma 6).



3. "Sistemas de HDTV existentes."

- Imagen B (fotograma 5) estaríamos en la misma situación que en el caso anterior.
- Imagen P (fotograma 6) puede codificarse porque se necesita solamente el I o P anterior, el cual ya tenemos: P (fotograma 3) Ahora que ya tenemos el fotograma 6 (P) podemos codificar y transmitir las dos imágenes B que estaban esperándolo.

Siguiendo el mismo razonamiento para el resto de fotogramas el orden de transmisión correspondiente sería:

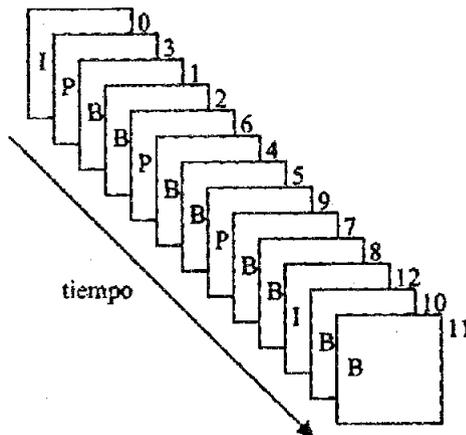


Figura 3-7. Orden de transmisión de la secuencia y el tipo de fotogramas.

La inserción de un mayor número de imágenes P o B mejoran la compresión, ya que en estas imágenes se elimina redundancia temporal, sin embargo se empeora el acceso aleatorio ya que la unidad de decodificación se hace más larga. Además, al aumentar el número de estas imágenes en la unidad, aumenta también la propagación de errores si se produce un error en una imagen I o P, ya que dicho error se propagaría por todas las imágenes B que hayan usado la I o P dañada para su codificación.

C) El Codificador MPEG de movimiento.

El codificador MPEG puede ser explicado en un diagrama a bloques destacando el funcionamiento de cada una de las siguientes etapas:

- 1- Se encarga de reordenar las imágenes en la secuencia natural de transmisión.
- 2- Se calculan los vectores de movimiento entre dos imágenes, obtiene a su salida los vectores de movimiento que serán transmitidos para calcular la predicción de la imagen actual.
- 3- Se realiza una predicción del fotograma actual partiendo del fotograma anterior y los bloques de movimiento para el fotograma actual.
- 4- Se obtiene la transformada discreta del coseno del error de predicción.



3. "Sistemas de HDTV existentes."

- 5- Se utiliza un cuantificador uniforme, pero debido al uso de un codificador de longitud variable no es posible obtenerlo directamente; por eso, se tiene un buffer que indica si hay que agregar o reducir el número de bits con el que se cuantifica. Se obtiene entonces una predicción del error (aplicando la transformada inversa de la TDC) y se suma al código de información para el fotograma siguiente.
- 6- El codificador de longitud variable es el Huffmann, este se multiplexa con los vectores de movimiento y la salida del codificador JPEG (una imagen fija).
- 7- El buffer de salida entrega una tasa fija de datos (especificado así por MPEG), por medio de un regulador controla la cantidad de bits del cuantificador.

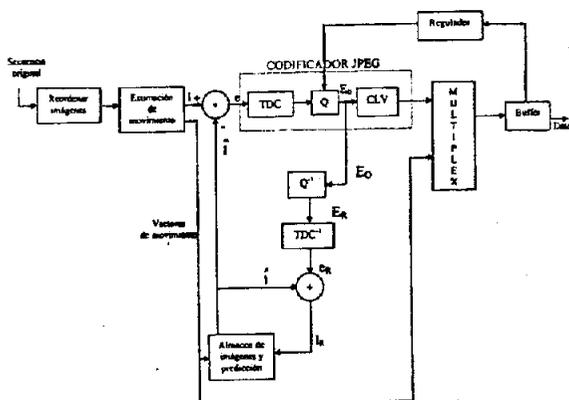


Figura 3-8. Diagrama a bloques de un codificador.

D) El decodificador MPEG.

El decodificador MPEG realiza el proceso inverso a la codificación y podemos destacar:

- 1- El buffer recibe una tasa fija de información y la pasa a una variable, obteniendo el número de bits con el que se cuantifica cada bloque.
- 2- Se separan los datos de error de predicción y vectores de movimiento con un demultiplexor.
- 3- Se decodifica el error de predicción, se descuantifica y realiza la inversa de la TDC.
- 4- Se suman el error de predicción con la imagen anterior almacenada además de los vectores de movimiento para crear la imagen actual.
- 5- Por último, se reordenan los fotogramas de forma que se encuentren en el orden natural de transmisión.

El estándar MPEG-2 permite codificar video entrelazado (es el utilizado en DTV), permite aplicaciones de hasta 80 Mb/s (TV Alta Definición), se establecen niveles para diferentes resoluciones de imagen y cinco perfiles diferentes, los cuales se diferencian por los algoritmos que utilizan para el manejo de imagen; la tabla siguiente resume los perfiles y niveles usados para TV. Siendo el de 1440 X 1152 pixeles y nivel Alto el aplicado a HDTV.



3. "Sistemas de HDTV existentes."

Perfil	Alto 4:2:2 IP B	Escalable espacialmente 4:2:0 IP B	Escalable en SNR 4:2:0 IP B	Principal 4:2:0 IP B	Simple 4:2:0 IP
Nivel					
Alto 1920 X 1152	100 Mb/s			80 Mb/s	
Alto 1440 1440 X 1152	80 Mb/s	60 Mb/s		60 Mb/s	
Principal 720 X 576	20 Mb/s		15 Mb/s	15 Mb/s	15 Mb/s
Bajo 352 X 288			4 Mb/s	4 Mb/s	

Perfil	Algoritmos
Simple	<ul style="list-style-type: none"> • Codifica video entrelazado • Acceso aleatorio • Imágenes de tipo I y P • Codificación de color 4:2:0
Principal	<ul style="list-style-type: none"> • Añade imágenes de tipo B
Escalable en relación Señal a Ruido	<ul style="list-style-type: none"> • Añade un algoritmo que mejora la relación Señal a Ruido de la imagen .
Escalable espacialmente	<ul style="list-style-type: none"> • Algoritmo que información para obtener imágenes de distintas resoluciones espaciales (TV. Estándar y HDTV)
Alto	<ul style="list-style-type: none"> • Codificación de color 4:2:2

Tabla 3-4. Perfiles y algoritmos utilizados para los niveles de compresión MPEG.

3.1.8.-Digitalización de la señal de Audio.

Es necesario digitalizar también el audio para evitar un ancho de banda excesivo al mejorar la calidad, para realizar estos procedimientos de digitalización se tiene el estándar AES/EBU (Audio Engineering Society/European Broadcast Union) el cual fue adoptado por la Asociación Nacional de Estándares Americanos (ANSI), y se definió como frecuencia de muestreo para el almacenamiento de audio en discos compactos de 44.1 MHz y 48 KHz para el audio de TV comercial (Broadcast). El SMPTE RP-125 se apoya en el estándar ITU-R 601. Para los sistemas de audio digital se tienen diferentes métodos de procesar la señal, distribuir las frecuencias y el número de canales, aquí se mencionan los estándares utilizados por los sistemas digitales:

A) El audio en MPEG.



3. "Sistemas de HDTV existentes."

Con MPEG-1 se comprime la información para sistemas monoaurales y en 2 canales para Dolby Surround con rangos de codificación de bits entre 32 y 384 Kbps.

MPEG-2 se especifica para 7.1 canales (el más común es 5.1 canales) con rangos de hasta 1 Mbps que puede ser variable.

Las señales de audio deben ser tratadas de forma idéntica que las imágenes, es decir, primero se debe convertir la señal analógica a una digital, posterior a esto se deberá comprimir y por último modular para su transmisión junto con la señal de video.

Para realizar la conversión a digital del audio, consideremos la frecuencia de muestreo y la cantidad de bits para los niveles de cuantificación recomendados por MPEG.

	Rango de frecuencias (Hz)	Frecuencia de muestreo (MHz)	Número de bits/muestra	Tasa binaria (Kb/s).
Voz de calidad telefónica	300 - 3400	8	8	64
Voz de banda Ancha	50 - 7000	16	8	128
Audio de banda ancha	10-22000	48	16	768

Tabla 3-5. Calidad del audio, rango de frecuencias, muestreo y tasa de transferencia.

Para el audio de banda ancha la tasa binaria es ya bastante alta, si se transmiten más canales de audio (caso estéreo o multicanal) la tasa de bits sobrepasa el Mb/s siendo necesario comprimir la señal. Para comprimir debemos comenzar por entender los principios de las señales audibles.

El sistema auditivo puede registrar sonidos con anchos de banda del orden de 50 a 100 Hz para señales por debajo de 500 Hz y de más de 5 KHz para señales de alta frecuencia, una señal es inaudible cuando el nivel de presión del sonido no sobrepasa el umbral de audición estático, el cual depende de la frecuencia y ocupa un margen dinámico de unos 60 dB. El enmascaramiento es un fenómeno donde una señal de bajo nivel (enmascarada) puede llegar a ser inaudible porque en el mismo instante se produce una señal de mayor nivel y frecuencia cercana (máscara). Dicho enmascaramiento es mayor en la banda crítica en la que se encuentra la máscara y es menos efectivo en las bandas vecinas. En el momento en que aparece una máscara aparece un nuevo umbral, además del umbral de audición estático, llamado umbral de enmascaramiento, el cual afecta a la banda en que se encuentra la máscara y a las bandas vecinas. Así, en determinada banda en la que afecta un umbral de enmascaramiento producido por una máscara, aunque un sonido supere el umbral estático si no supera el umbral de enmascaramiento será inaudible. Además, el umbral de enmascaramiento es más elevado cuanto mayor sea el nivel de presión de la máscara.

Existen distintos tipos de enmascaramiento, según la separación que exista en el tiempo entre la máscara y la señal enmascarada: El enmascaramiento simultáneo se considera cuando las señales ocurren en el mismo instante de tiempo (o separadas por un intervalo de tiempo tan pequeño que puede considerarse que ocurren en el mismo instante). El Pre-enmascaramiento ocurre si el sonido enmascarado (débil) sucede antes en el tiempo que la máscara (fuerte). Para que ocurra el enmascaramiento ambos sonidos deben estar muy cercanos en el tiempo, es decir, cuando aparece el sonido débil hay un breve plazo (de 5 a 20 ms) de tiempo durante el cual si aparece un sonido más fuerte que él, lo enmascarará. Y por último, el Post-enmascaramiento que es cuando la máscara sucede antes que el sonido enmascarado. Durante un plazo de tiempo (de 50 a 200 ms), mayor que en el pre-enmascaramiento, si se produce un sonido de menor nivel que la máscara quedará enmascarado por ella.



3. "Sistemas de HDTV existentes."

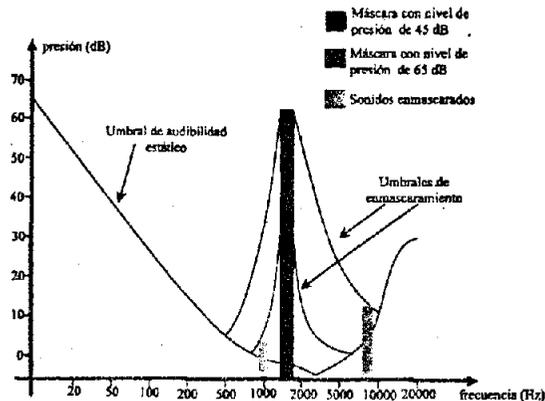


Figura 3-9. Gráfica de enmascaramiento de sonidos.

Este fenómeno de enmascaramiento es la base para realizar la codificación del sonido, posteriormente se podrá comprimir y mediante las curvas de enmascaramiento se puede predecir que sonidos no serán percibidos por el oído humano, no tiene sentido trabajar con señales que no son audibles, la codificación en MPEG determina que si no se oye, no se transmite.

B) El codificador de audio MPEG.

La reducción de la tasa de bit se consigue cuando el codificador de audio puede eliminar componentes redundantes a partir de correlaciones entre muestras y además, eliminando componentes que no son de importancia para el oído humano. El principio de estos puntos es primero, descomponer las señales en bandas de frecuencias y codificar cada sub-banda con un número diferente de bits en función de donde el código se escuche mejor. Para realizar este procedimiento se utilizan los siguientes elementos:

- Un banco de filtros que permite descomponer la señal en diferentes bandas de frecuencias (este banco tiene unas características muy parecidas al oído humano en los aspectos de anchura espectral y bandas críticas).
- Se analizan las frecuencias obtenidas (utilizando el enmascaramiento) y se realiza una asignación dinámica de bits de las diferentes bandas (típicamente 32); considerando las frecuencias (altas o bajas) y los umbrales de enmascaramiento de cada una de ellas.
- Se considera la señal a ruido para determinar si una señal será codificada, en caso de no obtener una relación favorable no se le asignan bits.
- Para las sub-bandas donde la señal será audible se irán asignando bits en base a la relación señal a ruido (SNR) creciente, a la sub-banda con peor SNR se le asignará un bit, continuando con la siguiente banda de peor SNR, con lo que se pretende hacer inaudible el ruido de cuantificación asignando una mayor cantidad de bits a las sub-bandas con peores SNR.
- La cuantificación se normaliza con respecto a una máxima que se actualiza cada 8 ms. (cada 12 muestras), valor que se cuantifica con 6 bits y se transmite multiplexado con la señal codificada y con el número de bits de cuantificación (24 ms).
- La señal cuantificada se codifica con un código de longitud variable (Huffmann).



3. "Sistemas de HDTV existentes."

C) El decodificador de audio MPEG.

Para decodificar la señal se trabaja de manera inversa a la codificación, la señal se recibe, se descuantiza utilizando la información del número de bits de cuantificación y posteriormente se normaliza; posteriormente se recompone el espectro de frecuencias mediante un banco de filtros de reconstrucción. MPEG-2 ofrece codificación de audio estereofónico, codificación multicanal utilizando bancos de filtros de altas resoluciones, técnicas de predicción y codificación no ruidosa.

D) Dolby Surround.

Dolby Digital (DD/AC-3).

Mejoramiento de las sensaciones de realidad y ambiental. La sensación de realidad se logra mediante la reproducción de los efectos de fuentes de sonido circundantes, reflexiones del sonido, reverberaciones, etc. Para ello se requiere de bocinas adicionales a ambos lados y atrás del oyente, dentro del área de escucha.

El sonido envolvente se consigue optimizando el ancho de banda, utilizando 2 canales físicos para enviar en realidad 5 canales, la calidad del audio debe ser la más alta posible similar a la de los CDs, considerando las frecuencias de muestreo para las diferentes aplicaciones tenemos:

CD's	44.1 KHz
VCR's	48.0 KHz
Audio TV	48.0 KHz

Para representar las impresiones espaciales se deben colocar adecuadamente los micrófonos en la grabación para retardar las señales laterales respecto a las del micrófono principal. Esto se logra, por ejemplo, posicionando los micrófonos secundarios a 5 o 10 m del principal. Debido a estos retardos, las señales secundarias actúan como reflexiones laterales del estudio al ser reproducidas por las bocinas adicionales. Así, una configuración adecuada de grabación/ reproducción permite una buena impresión espacial si las señales circundantes se agregan al sonido estereofónico de forma tal que actúan como reflexiones y reverberaciones del estudio. Acústicamente esto significa que las diferencias de la señal interaural en los oídos del oyente son más naturales con el sonido ambiental apropiado que en la estereofonía convencional, obteniéndose el sentido de espaciamento auditivo. El oyente no sólo percibe una perspectiva espacial en el plano frontal, sino que se siente incluido en el evento acústico.

En principio, se aplican las leyes psico-acústicas para la percepción espacial con objeto de formar el "sonido ambiental". Además de la reverberación, el llamado "sonido lateral primario" que alcanza el oído del oyente en las direcciones laterales, entre 10 y 80 ms después del sonido directo, es particularmente importante. Genera una correlación interaural de las dos señales de entrada a los oídos, específica del salón particular utilizado y así, el espaciamento auditivo.

La codificación de audio para 4 canales (L, R, C, S) conocidos como LCRS comprimidos o codificados a 2 canales los cuales se denominan Left Total y Right Total. Por la reproducción (receptor) el decodificador se conoce como Dolby Surround Pro Logic Decoder el cual convierte canales RT y LT en LCRS y opcionalmente en un subwoofer por lo que puede manejar 5 canales. Este sistema fue diseñado inicialmente para cine y posteriormente fue adoptado por MPEG.



3. "Sistemas de HDTV existentes."

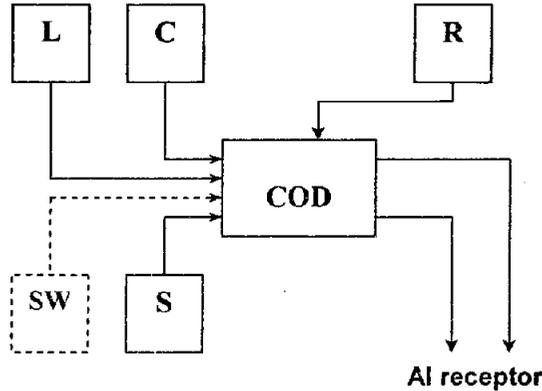


Figura 3-10. Codificación de señales de audio (5 canales) en el transmisor (2canales).

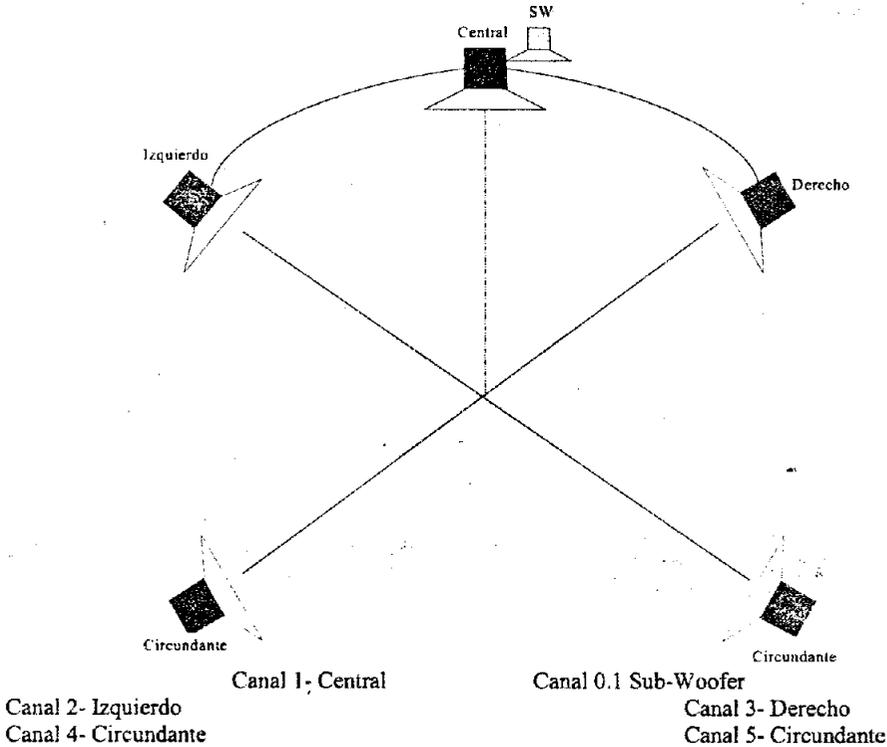


Figura 3-11. Disposición de los altavoces en un receptor (5.1 Canales) Dolby Surround.



3. "Sistemas de HDTV existentes."

El arreglo de las bocinas circundantes no es crítico. Pueden estar localizadas en cualquier lado en las áreas laterales traseras fuera de la zona de escucha, dependiendo de las características del lugar de forma similar, las bocinas ambientales no limitan el área de escucha, porque las señales laterales están retardadas en el intervalo 15,....,30 ms con respecto a las señales de las bocinas frontales o son señales sin correlación.

E) Servicios adicionales.

Además de los canales de audio mencionados (audio principal) se tiene en consideración incluir canales adicionales para brindar diversos servicios a usuarios, como los siguientes:

- Un segundo canal estéreo, o dos canales monofónicos, para transmisión de un segundo lenguaje (capacidades bilingües). El servicio recibe el nombre de programa de audio separado (SAP).
- Un canal dedicado monofónico que proporcione información descriptiva del programa, para personas con problemas visuales. Recibe el nombre de servicio descriptivo de video (DVS).
- Servicio de teletexto.
- Un canal para posible interconexión con dispositivos de datos caseros, como computadoras.
- Un canal guía programas (texto, gráficos, etc).
- La compresión de la señal se realiza con CODECS (Codificador-Decodificador).

3.2.-Concepto de HDTV.

Un sistema de televisión de alta definición es un sistema concebido para permitir la visión a una distancia de aproximadamente tres veces la altura de la imagen, en un formato de imagen más amplio de modo que el sistema de transmisión sea prácticamente transparente al nivel de detalle que percibiría en la escena original un espectador con agudeza visual media. En cuanto a la reproducción de sonido se requiere de varios canales con fidelidad comparable a la que puede obtenerse en los reproductores de disco compacto.

La evolución hacia la siguiente generación de sistemas de TV no es un proceso sencillo, esta evolución no puede ignorar a los millones de receptores y su equipo asociado (reproductores de cinta, cámaras de uso doméstico, video-juegos, etc.) ni a la infraestructura de producción, transmisión o intercambio.

3.2.1.-Características de una imagen de HDTV.

A) Resolución. La imagen de TVAD tiene, aproximadamente, 2 veces más resolución horizontal y vertical de la señal de luminancia que los sistemas NTSC de 525 líneas y PAL / SECAM de 625 líneas. El incremento en la definición vertical se logra con el empleo de más de 1000 líneas en los patrones de exploración, actualmente existen valores de 1050, 1125 y 1250 líneas.

B) Formato de imagen. El formato de imagen de la TVAD es 25% más ancho que el de la imagen convencional, se define como la relación del ancho de la imagen a su altura y los sistemas de TVAD con una relación $16/9=1.777$, mientras que la norma convencional es $4/3=1.33$. Este cambio surgió de la necesidad de acoplar los formatos anchos de las pantallas de cine a la televisión.

La libertad para extender las dimensiones horizontales de la imagen se utiliza en la proyección de películas en "pantalla ancha". Debido a que la emulsión que se utiliza en la película tiene igual resolución vertical y



3. "Sistemas de HDTV existentes."

horizontal, se ha extendido la relación entre estas dimensiones hasta 2.35 veces. No obstante muchas de las películas actuales tienen una relación de aspecto de 1.85:1. Cuando las películas de pantalla ancha se televisaron utilizando la relación de aspecto convencional (1.33:1) no fue posible mostrar completamente la dimensión horizontal. Para resolver lo anterior fue necesario que en el estudio se moviera lateralmente el área a transmitir cuando se explora la imagen y con ello mantener el centro de interés dentro del área proyectada en el receptor. En el servicio de TVAD se estableció que el ancho de la imagen fuera 1.777 veces la altura, para satisfacer el compromiso entre la relación de aspecto de la industria del cine con las restricciones impuestas por el ancho de banda del canal de TVAD. En la figura 3-12 se muestran las diferentes relaciones de aspecto para televisión y películas de cine.

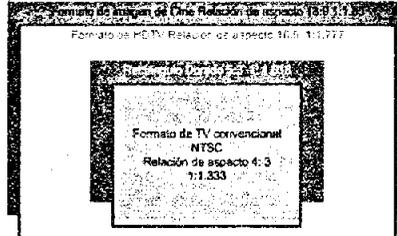


Figura 3-12. Relaciones de Aspecto de las diferentes pantallas.

C) Distancia de observación.

Debido a que la facultad del ojo humano para percibir detalles se encuentra limitada, es necesario que la imagen de la TVAD se observe más cerca de lo acostumbrado en los sistemas convencionales para poder percibirse de los beneficios de una imagen con mayor resolución. La resolución visual completa de la televisión convencional se logra cuando se observa desde una distancia de seis veces la altura de la pantalla, la imagen de la TVAD debe observarse desde una distancia de, aproximadamente, tres veces la altura de la pantalla para poder apreciar en su totalidad los detalles. La imagen de la TVAD debe proporcionar además mejor reproducción del color, lo cual puede lograrse al separar las señales de luminancia y de diferencia de color.

D) Calidad de imagen.

Un objetivo de la TVAD es alargar el campo visual ocupado por la imagen en un intento por observarla más de cerca. Para satisfacer este punto de observación la imagen de la TVAD debe poseer, proporcionalmente, detalles más finos y precisos. De ser posible, la transmisión debe poder recibirse en cualquier receptor convencional. En el servicio convencional se utiliza un sistema de procesamiento de señales conocido como transmisión compuesta, que transmite todo el detalle y color de la información de manera simultánea sobre un simple canal. El proceso de fijar los valores de color dentro de un canal diseñado para el servicio monocromático comprometió la calidad de imagen, pues el ancho de banda disponible es de tan sólo 6 MHz para Norteamérica. De ahí que el segundo objetivo de la TVAD es disminuir o eliminar estas imperfecciones. Una manera de lograr esto es transmitir los valores de color en una secuencia de tiempo en lugar de transmitirlos de manera simultánea. Este proceso se conoce como transmisión de componentes multiplexados en el tiempo. Otro objetivo del servicio de televisión es ofrecer al espectador la sensación de presencia dentro de la escena y participación en los eventos visualizados. Por ello, la imagen televisiva debe poseer tanto contenido espacial y temporal de la escena como sea técnica y económicamente posible.



3. "Sistemas de HDTV existentes."

3.2.2.-Visión Foveal y Visión Periférica.

Existen dos áreas de la retina del ojo que se excitan por la señal de televisión; la fovea y las áreas periféricas a ella. El detalle fino y los bordes de la imagen se perciben por una pequeña porción central de la retina, la fovea. La visión observa la geometría de la imagen televisada, a la relación del ancho de la pantalla W a su altura H se le conoce como relación de aspecto. La distancia de observación D determina el ángulo y subtendido por la altura de la pantalla. Este ángulo ($\gamma = 2 \tan^{-1} H/2D$) se mide usualmente como la relación de la distancia de observación a la altura de la imagen D/H .

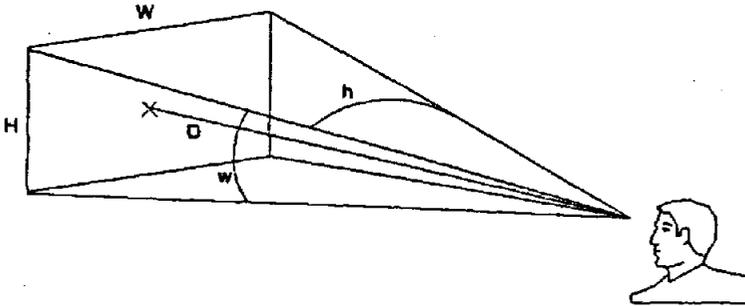


Figura 3-13. Geometría del campo de observación para una imagen de TV

El límite usual de la distancia de observación es aquel donde el ojo apenas puede percibir los detalles más finos de la imagen. El valor preferido para la distancia de observación se expresa en alturas de la pantalla, conocido comúnmente como "distancia de observación óptima". Esta se define como la distancia desde la cual el espectador con visión normal preferiría observar la imagen. La relación de observación óptima no es un valor definitivo, ya que varía de acuerdo a características subjetivas, condiciones de observación y agudeza visual del espectador. No obstante, su valor nominal sirve como base para comparar los rendimientos de los sistemas de televisión convencional, televisión avanzada y televisión de alta definición. El cálculo de la distancia de observación óptima depende del grado de detalle que se ofrece en la dimensión vertical de la imagen, sin considerar su contenido pictórico. El detalle que puede percibirse está determinado por el número de líneas de exploración proyectadas al ojo y por la habilidad de éstas para separar los detalles.

Al detalle más pequeño que puede reproducirse en la imagen se le conoce como "elemento de imagen" (picture element) o pixel. De manera ideal, cada detalle en la imagen debiera reproducirse por un pixel. Esto significa que una línea de exploración debiera estar disponible para cada elemento de imagen a lo largo de cualquier línea vertical en la pantalla. En la práctica, sin embargo, algunos de los detalles en la escena caen entre las líneas de exploración, de modo que para tales elementos de imagen se requieren dos líneas y esto reduce la resolución vertical.

En el desarrollo de la televisión en color (NTSC, PAL o SECAM) se tuvieron en cuenta la relación de aspecto (4:3), la distancia de visión (7 veces la altura de la pantalla en NTSC), la agudeza del ojo (aproximadamente, un minuto de grado o 0.002907 radianes) y la sensibilidad del ojo al color (el verde se percibe con mayor brillo que el rojo y el azul). El número de Líneas (N), en función de la agudeza (A) y de la distancia de visión (D), queda expresado por la fórmula siguiente: $N = 1 / (A \times D)$.



3. "Sistemas de HDTV existentes."

Si en la fórmula se introducen los valores de agudeza (0.002907 radianes) y de distancia de visión (7 en NTSC) se obtienen 490.9 líneas en NTSC. A través de estas necesidades se desarrolló el NTSC con 525 líneas totales. Los estándares de televisión de alta definición de 1,125 y 1,250 líneas requieren distancias de visión más cortas para ver los detalles más finos. En ambos sistemas la distancia de visión es 3 veces la altura en lugar de 6 o 7. En NTSC, también conocido por 480i, se utiliza un sistema de exploración de 525 líneas totales y 480 líneas activas (las que se restituyen en pantalla), pues 45 líneas, que no son visibles, se utilizan para el borrado. Por tanto, en NTSC el espectador tan sólo percibe 336 líneas (330 líneas, redondeando).

3.2.3.-Resoluciones en Teledifusión Digital.

Con la aparición de la televisión digital han aparecido nuevos términos relativos a la resolución que contribuyen a definir mejor el sistema. Así, la resolución espacial queda definida por el producto de las líneas activas por cuadro por los píxeles activos por línea. Para una imagen de HDTV de 1,080 líneas activas y 1,920 píxeles por línea la resolución espacial será de 2'073,600 píxeles. Ahora bien, si la imagen es de exploración entrelazada la resolución espacial que percibirá el espectador, tomando en consideración un factor de Kell de 0.7, será de 1'451,520 píxeles. Para una imagen de HDTV de 720 de líneas activas y 1.280 píxeles por línea, la resolución espacial será de 921,600 píxeles. Si esta imagen se explora en modo progresivo la resolución que se percibirá, tomando un factor de Kell de 0.9 será de 829,440 píxeles. Ello significa que la imagen de HDTV de 1'451,520 píxeles ofrece una resolución espacial superior al 75% en comparación con una imagen de HDTV de 829,400 píxeles. Por el momento, no existen sistemas visualizadores de HDTV para 1'451,520 píxeles de precio accesible y debido a ello, esta elevada resolución tan sólo está destinada para quedar implantada en salas profesionales. Para el mercado doméstico la resolución espacial de 829,400 píxeles es la más idónea, pues ya existen visualizadores de precio accesible. En el cine electrónico se utiliza el formato 24P, el cual es capaz de ofrecer una resolución espacial de 1'866,240 píxeles.

En televisión digital también hay que tomar en consideración la resolución temporal, un término que no existe ni en fotografía ni en informática, pues en ambos sistemas se visualizan imágenes estáticas, es decir, detenidas en el tiempo. La resolución temporal es la capacidad de resolver imágenes en movimiento dando una sensación de un movimiento totalmente continuo. Un estándar tiene mayor resolución temporal cuando mayor sea su frecuencia de exploración. Así por ejemplo, un estándar explorado a 25 cuadros por segundo tiene menos resolución temporal que uno de 60 cuadros por segundo. Otro concepto que aparece en la televisión digital se refiere a la resolución dinámica y sirve para indicar la resolución aparente percibida por el espectador en un objeto que se mueve por la pantalla, dentro de los límites de seguimiento preciso del ojo. En otras palabras, es la capacidad de resolver los detalles espaciales de un objeto en movimiento.

A) Exploraciones.

Gracias a la televisión digital es posible enviar imágenes de exploración progresiva. La exploración progresiva está ganando adeptos, ya que ofrece sustanciales ventajas frente a la exploración entrelazada. Las características que ofrece la exploración entrelazada se pueden resumir de la forma siguiente: tecnología ampliamente experimentada en PAL, mejor resolución espacial para un determinado ancho de banda, menor ancho de banda, presencia de artefactos con objetos inclinados, notable parpadeo entre líneas, más difícil de procesar que la exploración progresiva, diseño económico de los visualizadores de TRC (Tubo de Rayos Catódicos), no adecuada para visualizadores de nuevo diseño (plasma, LCD, D-ILA,



3. "Sistemas de HDTV existentes."

DMD, etc.) y resolución dinámica vertical un 50% inferior a la resolución vertical en exploración progresiva.

Las características que ofrece la exploración progresiva se pueden resumir de la forma siguiente: compresión más eficiente que la exploración entrelazada, máximas facilidades de conversión bidireccional de la resolución (hacia arriba o hacia abajo), máximas facilidades para reducir el ruido (moscas y escalados), totalmente compatible con la nueva generación de visualizadores (plasma, LCD, D-ILA, DMD, etc.), mejor resolución vertical percibida (mejor factor de Kell) y parpadeo con velocidades de 24, 25 o 30 cuadros por segundo (se solventa con memorias de cuadro en los visualizadores).

3.2.4.-Estándares de HDTV.

En DTT (Televisión Digital Terrestre) existen, básicamente, tres estándares: ATSC de Estados Unidos, DVB-T en Europa y el ISDB-T en Japón. La ATSC desde un principio apostó por una televisión de superior calidad a la NTSC, pero utilizando para ello el ancho de banda del canal (6 MHz). En Europa se apostó por una televisión de calidad similar al PAL capaz de difundir datos (radio o Internet), y adecuada para una recepción móvil. En Japón se apuesta por la difusión jerárquica (HDTV, SDTV y datos) por el mismo canal.

Estados Unidos difunde en HDTV y Australia (estándar de difusión en DVB y sonido Dolby Digital). Las características básicas de los diferentes formatos de la ATSC son tres resoluciones básicas: alta (HDTV), realzada (EDTV) y estándar (SDTV). Para HDTV existen dos posibilidades: 720P (720 líneas activas en exploración progresiva) y 1,080i (1,080 líneas activas en exploración entrelazada).

El Comité para Sistemas de TV Avanzada (ATSC) clasificó 3 tipos de sistemas de TV de nueva generación para Norteamérica :

Televisión de definición mejorada TVDM (IDTV):

- Completamente compatible con las emisiones NTSC
- Las mejoras se incorporan principalmente en el equipo receptor
- No necesita aprobación de la FCC

Televisión de definición extendida TVDE (EDTV):

- Compatible con las emisiones NTSC
- Puede utilizar otro canal para la conducción de la información adicional
- Relación de aspecto de 16:9
- Incremento de resolución de al menos el doble de líneas (1050, mínimo)
- Sonido digital de alta calidad

Televisión de alta definición TVAD (PIDTV):

- Al menos el doble de resolución que los sistemas convencionales
- Relación de aspecto de 16:9
- Mejoras en el rendimiento del color
- Sonido digital de alta calidad
- Un solo canal para conducción



3. "Sistemas de HDTV existentes."

En el año 1982 el CCIR (Comité Consultivo Internacional de Radiocomunicaciones), desarrolló el estándar de Televisión Digital CCIR-601 (actualmente ITU-R. BT.601). Este fue el primer estándar internacional de Televisión Digital desarrollado para trabajar en Estudios. Esta señal en video es la señal Digital Serie (SDI) de 270 Mbps y en audio se estandarizó la señal "AES/EBU". A poco más de 20 años, el ITU-R. BT.601 sigue vigente hoy día, aunque posteriormente, se han desarrollado otros estándares, complementando y ampliando al original. La Televisión Digital en Estudios ha permitido elevar el nivel de calidad de las señales de video y audio, paralelamente, ha impulsado el desarrollo de equipos y sistemas completamente digitales, puesto que, de otro modo, hubiese sido imposible desarrollar estos dispositivos con tecnología analógica. En todo este tiempo, la tecnología digital ha ido avanzando hasta llegar a tener en la actualidad Plantas de Televisión y Productoras completamente digitales. En audio, la tecnología ha avanzado a la par del video digital.

Actualmente, se dispone de todo tipo de equipos y dispositivos para efectuar el diseño de una planta completamente digital. La más alta calidad de imagen en Estudios se logra con señales de Video Digital en Serie (SDI) o señales de HDTV digital, mientras que el audio digital "AES/EBU", permite tener una alta calidad y performance. Sin embargo, a pesar de tener estudios digitalizados en su totalidad, estas señales debían ser convertidas a analógicas antes de ser transmitidas.

Transmitir una señal digital ya sea de Televisión Digital Estándar "SDTV" o de Alta Definición "HDTV", resultaba imposible en el espectro que ocupa actualmente una señal de televisión analógica de 6, 7 u 8 MHz de ancho de banda, puesto que una señal de "SDTV" con un tipo de modulación determinada, ocuparía más de 70 MHz de ancho de banda. Ni pensar en la emisión de una señal de "HDTV digital", la cual ocuparía un ancho de banda cercano a los 420 MHz. Para poder transmitir estas señales digitales en el espectro de 6, 7 u 8 MHz, había que sortear dos problemas básicos: por un lado reducir la velocidad del flujo de datos o sea, comprimir esa señal a fin de poder transportarla en el ancho de banda que ocupa actualmente un programa de televisión analógico. En segundo lugar, había que desarrollar un sistema de modulación adecuado para este flujo de datos comprimido. La reducción de la velocidad de datos en video se logra mediante la compresión MPEG-2, la cual fue desarrollada y puesta en práctica a mediados de 1993. Ello posibilitó el desarrollo de varios estándares de Televisión Digital Terrestre, y sus respectivas modulaciones.

Estos avances han posibilitado poder transportar en el mismo ancho de banda que ocupa una señal analógica, varios programas de Televisión Digital Estándar ó un programa de "HDTV". En el caso de la Televisión de Alta Definición Digital "HDTV", la velocidad del flujo de datos sin comprimir, que es de 1.48 Gbps, se reduce con una relación de aproximadamente 70:1, a fin de obtener unos 20 Mbps y así poder transportar ese tren de datos en un canal de 6 MHz.

Si se trata de Televisión Digital Estándar "SDTV", a manera de ejemplo diremos que la velocidad del tren de datos de un programa se puede reducir de 270 Mbps con una relación de compresión de 13.5:1 a unos 20 Mbps. Aunque la relación de compresión correcta a aplicar dependerá del contenido de cada programa, esto nos posibilitaría transportar esta única señal comprimida en un ancho de banda de 6, 7 u 8 MHz. En la práctica se transmiten varios programas de "SDTV" en el ancho de banda de un canal analógico, aumentando el factor de compresión de cada programa a 35:1, obteniendo unos 9 Mbps de velocidad binaria por programa.

En Europa se desarrolló el estándar "DVB" (Digital Video Broadcast). Este provee entre las múltiples aplicaciones, el estándar para Televisión Digital Terrestre (DVB-T), empleando el esquema de Modulación



3. "Sistemas de HDTV existentes."

COFDM de múltiples portadoras. El Estándar DVB de Televisión Digital para Sistemas de Cable (DVB-C), utiliza modulación QAM de portadora única en sus distintas variantes, 64-QAM y 256-QAM.

En EUA, el "ATSC" (Advanced Television System Committee), en conjunto con la Gran Alianza, desarrollaron su estándar ATSC para Televisión Digital Terrestre, que emplea la modulación 8-VSB.

Y en Japón desarrollaron el estándar mas joven, basado en los principios de funcionamiento de DVB, el ISDB-T surgió como resultado del esfuerzo japonés por una propuesta mas para HDTV con ventajas que apuestan al futuro de la movilidad y conectividad.

3.2.5.-Aplicaciones de la Televisión Digital.

La Televisión Digital permite obtener un sinnúmero de aplicaciones y facilidades adicionales como son:

A) Televisión Digital en Centros de Producción. La Televisión Digital en Centros de Producción ha logrado tener un gran avance de su tecnología, posibilitando el desarrollo de nuevos equipos. Así se han logrado fabricar cámaras digitales, generadores de efectos en 3D y un sinnúmero de equipos cuyo perfeccionamiento no hubiese sido posible mediante la tecnología analógica. Además, gracias al sistema de compresión de video "MPEG-2", con esta tecnología se ha acelerado el desarrollo de "Sistemas no Lineales" para múltiples aplicaciones, tales como Camcorders de menor peso y tamaño, grabadoras digitales con compresión moderada y de alta calidad, Servers y un gran número de nuevos equipos.

B) Sistemas de Televisión Digital Terrestre. La Televisión Digital Terrestre prové una mejor recepción, tanto en bandas de UHF como de VHF. El usuario recibe una alta calidad de imagen y sonido ya que el video digital, es una señal libre de ruido. Respecto al audio, se emiten hasta seis canales digitales con sonido "Surround" y calidad similar al CD. Otra de las ventajas de la Televisión Digital es la posibilidad de transmitir múltiples programas de "SDTV", por el mismo ancho de banda que ocupa un canal analógico actualmente. O en su defecto, permite emitir un programa de Alta Definición "HDTV", en ese mismo espectro.

Mientras que en EUA y en Australia, se le da predominancia a la Televisión Digital de Alta Definición "HDTV", en Europa la tendencia es emitir múltiples programas de Televisión Digital Estándar "SDTV", con una relación de aspecto de 16:9, en el mismo ancho de banda que ocupa un canal analógico en la actualidad.

C) Televisión Interactiva, plataformas multimedia e Internet.* La Televisión Digital permite la interactividad del usuario con el sistema. Así, utilizando diferentes medios de vías de retorno, el usuario tiene la posibilidad de acceder a plataformas multimedia de alta velocidad. El estándar "DVB" de Europa tiene desarrollada una plataforma multimedia aplicable a los distintos sistemas de Televisión Digital. Esta plataforma denominada MHP (Main Home Platform), le permite al abonado interactuar con sistemas multimedia como pueden ser juegos, transacciones, compras, acceso a Internet y otras aplicaciones. Una de las ventajas de esta plataforma es aprovechar la alta velocidad de datos disponible. El estándar "ATSC" de EUA ha desarrollado una plataforma interactiva con aplicaciones en un entorno de software, esta le permitirá al usuario también interactuar con sistemas multimedia a través de redes de datos de alta velocidad.



3. "Sistemas de HDTV existentes."

D) Redes de Frecuencia Única (SFN).* Los estándares de Televisión Digital Terrestre "DVB-T" (Europa) e "ISDB-T" (Japón) permiten el desarrollo de Redes de Frecuencia Única – Single Frequency Network – (SFN). Este sistema ha comenzado a utilizarse en algunos países de Europa y consiste en utilizar repetidoras de VHF y UHF que reciben y transmiten en la misma frecuencia. Este sistema permite un ahorro significativo de canales del espectro. De este modo un país, puede tener todas sus repetidoras recibiendo y transmitiendo en el mismo canal.

E) Servicio portable y móvil de Televisión y Datos.* La Recepción portable y móvil, sin duda será una de las mayores ventajas de la Televisión Digital Terrestre. Este servicio es ideal para aplicaciones de datos de Internet, para sistemas móviles, como así también para transmisión de Televisión Digital Estándar en su utilización en servicios de transportes de larga distancia. Este tipo de servicio también permite utilizar una notebook o un teléfono celular para acceder a Internet o redes de datos. A su vez, este servicio permite ver programas en receptores de TV instalados en microómnibus y trenes de larga distancia. Todo ello aprovechando la transmisión de la Televisión Digital Terrestre.

F) Televisión Digital por Satélite. La transmisión de una señal digital de televisión ha sido posible gracias al sistema de compresión "MPEG-2". Este ha beneficiado desde el inicio a la Televisión Satelital. En efecto, desde 1994 y mediante la compresión de video "MPEG-2" y empleando la modulación QPSK de portadora única, se han podido enviar múltiples programas de televisión digitales por un mismo traspondedor satelital. Así hoy día, en un satélite de 36 MHz de ancho de banda, se pueden transportar múltiples programas de "SDTV". En la actualidad, el 99% de la televisión satelital es digital y el estándar más utilizado en el mundo es el "DVB-S" (Digital Video Broadcasting – Satellite), desarrollado por el grupo "DVB".

G) Televisión Digital por Cable. La Televisión por Cable también se está beneficiando con el advenimiento de la Televisión Digital. Esto ha sido posible gracias a la compresión de las señales y el posterior multiplexado de todos los programas. De esta manera, se logra un Flujo de Transporte conformado por paquetes "MPEG-2", que son los que finalmente se modulan en un estándar determinado, para luego ser transmitidos. Esto posibilita la distribución de múltiples programas de Televisión Digital Estándar, en el mismo ancho de banda que ocupa un programa analógico.

H) Cinematografía Digital.* El desarrollo de la Televisión Digital está produciendo un gran avance en la cinematografía, lo podemos dividir en cuatro fases:

- 1) Durante el rodaje. Actualmente, en el rodaje de películas se están utilizando cámaras de televisión digitales de Alta Definición "HDTV" en 24p (24 cuadros/barrido progresivo). Si bien estas cámaras no reemplazan totalmente a las cámaras filmadoras tradicionales, las imágenes obtenidas son de alta calidad. Además, estas imágenes pueden ser registradas en video grabadoras de "HDTV" o almacenadas en servers. Esto implica un ahorro significativo de tiempo y costos, ya que cualquier repetición o duplicación de tomas, al ser grabadas en cinta o almacenadas en servers, simplifican la operación.
- 2) En Post-producción. Durante la Post-producción, los procesos de edición y compaginación son facilitados al disponer las imágenes de "HDTV" en soportes magnéticos u ópticos. Además, el hecho de operar en video digital no solo permite manipular las imágenes, sino también que posibilita emplear todo tipo de efectos especiales en 3D y en toda su dimensión.



3. "Sistemas de HDTV existentes."

- 3) Durante la proyección. Una vez compaginada la película en video, ésta es convertida nuevamente a filmico de 35 mm mediante un proceso de transferencia, esto permite que la película sea proyectada mediante el proyector de 35 mm convencional. En Europa se están implementando nuevas salas de proyección de video digital, para ello, la película en video digital en "HDTV" es enviada por la productora cinematográfica a un traspondedor satelital. Simultáneamente, todos los cines descifran esa señal y la proyectan en video digital en "HDTV". Los proyectores de video empleados son de alta resolución. Este sistema recién ahora se está implementando y será el futuro en el cine digital. La principal ventaja de este sistema, reside en que la misma película pueda ser proyectada en múltiples salas a la vez y en distintos países, sin necesidad de efectuar copias y transportar los rollos de celuloide. De esta manera, se evita el desgaste que sufren los rollos de celuloide al exhibirse una y otra vez. En la actualidad existen en el mundo más de 50 salas preparadas para proyectar películas de video digital en "HDTV".
- 4) Emisión de películas por Internet. Otra de las alternativas que ofrece el cine digital, es su emisión por Internet, a través de redes de banda ancha. Este tipo de difusión del cine digital, será sin duda una nueva fuente de negocios para las productoras.

Como las imágenes serán generadas y transmitidas digitalmente, los canales actuales quedarán sub-ocupados. Al ser digitales, las imágenes son transformadas en paquetes de bits, ahorrando espacio en la transmisión, una transmisión analógica (sistema actual) de dos horas, tarda dos horas en ser transmitida. En la TV Digital, ese mismo proceso tardaría diez minutos, permitiendo transmisiones simultáneas, dejando a la televisión en algo muy parecido a lo que es Internet hoy, lo que permitiría hacer hipotéticas descargas de películas o navegar en ficheros de las emisoras para elegir el programa deseado. Por ser digital, la calidad de la imagen se duplica, como el sonido que queda más claro y sin ruidos en el CD. Las imágenes pueden ser transmitidas con un mayor número de líneas, permitiendo disfrutar de alta definición.

* Sólo para los sistemas DVB-T e ISDB-T.

Las alternativas de selección de un estándar de HDTV están definidas por tres opciones, las ventajas propias de los sistemas, así como la adaptación de estos a condiciones de terreno diferentes dependen de su funcionamiento característico, es decir, de los métodos y técnicas que utilizan para transmitir la información. Además, los servicios ofrecidos y la flexibilidad cambian entre los diferentes estándares, algunas de estas características han sido impulsadas por los desarrollos económicos o intereses de empresas de gran consumo que ven en la nueva tecnología un prospecto de inversión a largo plazo.

Los siguientes apartados tienen la finalidad de mostrar el funcionamiento elemental de los estándares de HDTV existentes para considerar sus aspectos técnicos en la evaluación de criterios de selección.



3. "Sistemas de HDTV existentes."

3.3.-El estándar Japonés.

3.3.1 -Desarrollo de la TVAD en Japón.

La industria de radiodifusión japonesa inició sus transmisiones de TV monocromática con el sistema M en 1953 y, siete años después en el formato NTSC (National Television System Committee) inició transmisiones de TV a color. En 1964, con los juegos olímpicos de Tokio, se promovió la proliferación de receptores de TV a color y de avances en la tecnología japonesa de radiodifusión. En ese mismo año, la NHK (Nippon Hoso Kyokai) y otras entidades industriales iniciaron discusiones sobre el siguiente nivel de desarrollo de la TV. En 1970 se iniciaron estudios concretos de sistemas sofisticados de TV. Fue entonces que los constructores adoptaron la idea del desarrollo de la TVAD, no sólo para mejorar la definición de imagen, sino para mejorar el impacto psicológico de la presencia y potencia del sistema.

Se enfocaron varios niveles de investigación en algunos factores como los estándares de TVAD y el rendimiento requerido, sistemas de distribución y radiodifusión más el desarrollo de equipo en cada campo. Al completar estos estudios, los investigadores se dedicaron al desarrollo de prototipos del actual sistema "Hi-Vision". Establecer estándares para sistemas de TV depende principalmente de la forma y tamaño de la pantalla, la distancia óptima entre el espectador y el dispositivo de visualización, y las condiciones de observación. Para el óptimo rendimiento de la TVAD se consideró la percepción visual humana y de auditorio. Debe haber un balance entre la información que proporciona el sistema y la capacidad del sistema sensorial humano. Esto requiere balancear la cantidad de información en términos de luminancia y definición de color, almacenamiento de cada trama de imagen y la cantidad de información necesaria para desplegar imágenes en movimiento. Para determinar el balance correcto, se estudiaron los movimientos en los ojos de los observadores al mirar imágenes en movimiento, así como sus reacciones psicológicas, el punto ciego impuesto naturalmente en la retina humana por el nervio óptico y el intervalo en el campo de visión humana donde las habilidades visuales funcionan en un nivel óptimo.

Este tipo de investigación básica es necesaria en el desarrollo de nuevos sistemas de TV porque, el juicio final depende de la percepción visual y auditiva del observador. Además, esta investigación básica proporciona los fundamentos para la selección de estándares en el número de líneas de exploración, relación de aspecto, método de exploración y número de tramas proyectadas por segundo.

En una serie de pruebas, la NHK encontró que, al ampliar el ancho de la pantalla convencional de TV hasta un formato similar al utilizado para proyectar películas, y duplicar la resolución vertical y horizontal, se mejora la sensación de realidad en los espectadores. Después de una década de trabajo las compañías japonesas construyeron prototipos de equipo de estudio para producir las imágenes mejoradas. Entusiasmados por las compañías radiodifusoras de los EUA, los ingenieros japoneses propusieron sus propias especificaciones para producir imágenes como un estándar internacional. Implícito a estas propuestas se generó un nuevo mercado para cámaras de alta definición, grabadoras de video y otros equipos de edición. Los nuevos equipos receptores de TVAD para los consumidores no tardarían demasiado.

A) Sistema MUSE.

Una vez establecidos los fundamentos básicos, la atención se orientó hacia el proceso de transmisión y recepción. En 1984, la industria introduce el sistema de transmisión MUSE (Multiple Sub-Nyquist Sampling Encoding). Este desarrollo aceleró el proceso de crecimiento de los sistemas TVAD en Japón.



3. "Sistemas de HDTV existentes."

Las emisiones TVAD contienen cinco veces la cantidad de información ofrecida por los sistemas convencionales. Los sistemas TVAD son incompatibles con las redes tradicionales de estaciones radiodifusoras terrestres. Debido a que sería muy costoso y difícil instalar una nueva red de estaciones terrestres para el sistema TVAD se decidió utilizar sistemas de radiodifusión vía satélite como el método más efectivo para transmitir estas señales.

En 1987 NHK hizo una demostración del sistema MUSE en Washington D.C., la cual causó gran impacto en los E.U. y como resultado de esto, Estados Unidos desarrolla ATSC para la difusión de HDTV terrestre. Para lograr la transmisión de señales de TVAD se utilizaba el transpondedor de un satélite de radiodifusión, con 27 MHz de ancho de banda, donde es necesario comprimir el ancho de la señal de TVAD en banda base, que mide más de 20 MHz a 8 MHz, aproximadamente.

El sistema MUSE emplea técnicas de submuestreo múltiple para lograr la compresión de esta señal, 20 MHz de la señal de luminancia y 7 MHz de la señal de crominancia se reducen por un proceso de codificación por integración con compresión de tiempo (TCI). Al mismo tiempo, cuatro canales de audio (modo A) con calidad similar a la de las transmisiones FM o dos canales de audio de alta calidad (modo B), se reducen utilizando modulación diferencial de impulsos codificados (DPCM) y se multiplexan durante el periodo de borrado vertical. El sistema MUSE comprime la señal Hi-Vision a 8.1 MHz.

El sistema utiliza la imagen latente en el ojo humano para retener la alta calidad de la señal original de TVAD dentro del restringido ancho de banda. En este proceso, el sistema reduce la información redundante de la imagen antes de transmitir la señal, luego el receptor reconstruye la señal en un formato altamente detallado utilizando la memoria del sistema. Como parte de la promoción del sistema Hi-Vision/MUSE, la NHK lanzó una programación experimental con producciones de una hora diariamente, para exhibirse en salas de eventos y estaciones de radiodifusión donde se instalaron receptores. En 1991, el día 25 de noviembre se seleccionó como fecha clave para el lanzamiento de una nueva programación con producciones de 8 horas al día.

Esta era la iniciativa de Japón para la radiodifusión de TVAD a gran escala. Se utilizó uno de los transpondedores del satélite BS3b de la compañía Telecommunications Satellite Corp, of Japan (TSCJ). El sistema MUSE se utilizó en Japón para la radiodifusión de los juegos olímpicos de Seúl 88 y Barcelona 92.

3.3.2.-El estándar ISDB-T

(Servicios Integrados Terrestres de Radiodifusión Digital).

Bajo el estándar y los desarrollos de Japón en materia de HDTV, se accedió a un modelo de transmisión basado en los principios de televisión vía satélite, el trabajo de adecuación para reducirlo a un ancho de banda compatible con los sistemas existentes, los servicios adicionales y de diferentes tipos (STDV, datos, música), fueron enfocados al proyecto que dio como resultado el estándar ISDB. Este se usa en Japón como estándar de transmisión desde el 1 de diciembre de 2003, es mantenido por ARIB y son normas que derivan de acuerdo a los diferentes tipos de transmisión: ISDB-S (satelital), ISDB-T (terrestre), ISDB-C (cable) y 2.6 Ghz. (banda de radiodifusión móvil).

El estándar ISDB-T permite transmitir múltiples canales de datos juntos, permite la transmisión de señales de TV, audio y datos en un mismo canal de comunicación, opera en bandas de canales de transmisión de TV. que no se utilizaban.



3. "Sistemas de HDTV existentes."

Los siguientes apartados describen los principios de transmisión del sistema ISDB-T, están enfocados básicamente al tratamiento que se le da a la señal para adecuarla al medio de transmisión, considerando que la ITU determino como un estándar los procedimientos y características de las señales de HDTV para estudio. La diferencia entre los estándares radica en la transmisión de la señal.

3.3.3.-El entorno de la Especificación para ISDB-T.

ISDB (Servicios Integrales de Radiodifusión Digital) es un tipo de radiodifusión para los servicios multimedia. Integra sistemáticamente sistemas digitales de varios tipos de volúmenes cada uno de los cuales pueden incluir HDTV, SDTV, gráficos, texto, etc. Puesto que ISDB contiene una variedad de servicios debe cubrir una amplia gama de requisitos que pueden diferir de un servicio a otro. Por ejemplo, se requiere una capacidad grande para la transmisión de HDTV, mientras para la recepción móvil se requiere de los servicios de datos y sonido. Los sistemas ISDB-T (Servicios Integrados Terrestres de Radiodifusión Digital) tienen como características principales:

- Interface MPEG-2 : Las señales de entrada y salida del sistema están conformadas en base a las especificaciones de MPEG-2 de acuerdo al TS.
- El uso de esquemas de modulación flexible: Los contenidos digitales pueden ser transmitidos simultáneamente con los esquemas de modulación apropiados, estos segmentos son de proporción variable para cada tipo de volumen, todo integrado en un canal de ISDB.
- El uso de señales de control que informan al receptor de la multiplexión y la configuración de la modulación.
- Recepción parcial: algunos de los servicios pueden ser recibidos con baja densidad (un receptor de Banda estrecha es más barato).

ISDB-T puede aplicarse para DTTB (Transmisión de Televisión Terrestre Digital), DSB (Radiodifusión Legítima Digital), una mezcla de estos servicios, o los servicios multimedia completos. Varios sistemas son adecuados para aplicaciones diferentes y las condiciones del espectro se derivan seleccionando un número apropiado de segmentos.

Las características técnicas describen un sistema de la transmisión que entrega una señal de FI con señales de entrada de MPEG-2 que incluyen la re-multiplexión, codificación del canal, modulación, control de la transmisión y las funciones correspondientes del receptor.

3.3.4.-Bases de ISDB-T.

Se usa MPEG-2 para el sistema de codificación y multiplexaje, ISDB-T proporciona elementos en el funcionamiento y recepción que son comunes a los usados en comunicación digital vía satélite. También proporciona mediante un multi-programa flexible la revisión para la recepción de diferentes señales mediante la condición de la transmisión jerárquica en un canal de transmisión. Pueden seleccionarse los parámetros de la transmisión para cada capa jerárquica independientemente una de otra.

Un canal de Transporte es re-multiplexado y coloca los grupos de los datos (el Data Segment) basado en OFDM (Multiplexión por División de Frecuencia Ortogonal). Después de codificar el canal, los segmentos de los datos forman segmentos de OFDM, cada uno con un ancho de banda de 6/14 MHz, se transmiten las señales agregando pilotos. El ancho de banda de una señal OFDM esta compuesto de 13 segmentos de datos.



3. "Sistemas de HDTV existentes."

3.3.5.-Transmisión jerárquica.

Los parámetros de la transmisión de la modulación son del esquema de portadores de OFDM, las proporciones son codificadas con un código interno, y puede escogerse la longitud del tiempo de entrelazado independientemente para cada segmento de datos. La transmisión jerárquica de ISDB-T es lograda transmitiendo grupos que tienen parámetros de transmisión diferentes OFDM en un canal al mismo tiempo. Debe notarse que la recepción parcial se considera como una capa jerárquica.

A) Recepción parcial.

Limitando el rango de frecuencia que se entrelaza dentro de un segmento, es posible separar un segmento independientemente de los segmentos restantes de la señal transmitida. De igual manera, la recepción parcial de servicios contenida en el canal de transmisión puede obtenerse usando un receptor de banda estrecha que tiene el ancho de banda de un segmento de OFDM. Debe notarse que en la recepción parcial usa un segmento especializado, de forma que la posición de éste es la central entre los 13 segmentos de OFDM.

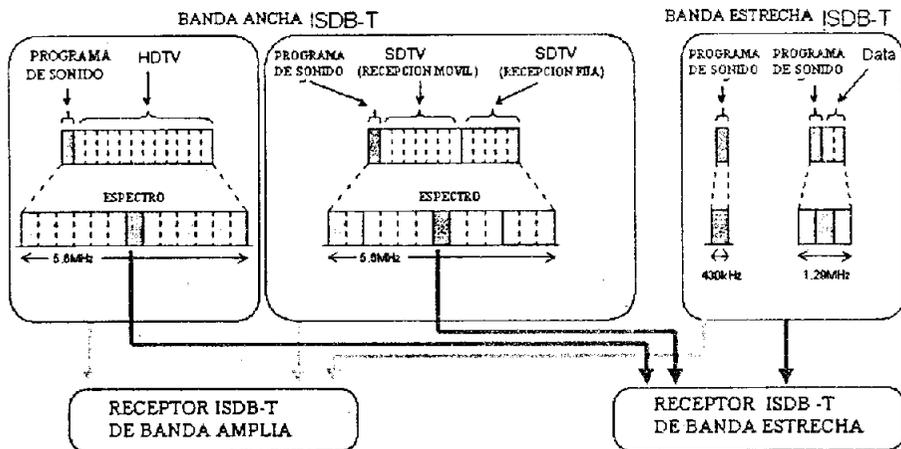


Figura 3-14. Ejemplo de transmisión jerárquica y la recepción parcial.

B) Multiplexión para la Transmisión Jerárquica.

La multiplexión en el sistema de ISDB-T está basada en los sistemas MPEG-2. Para el multiplexaje jerárquico en ISDB-T, se usa por principio un sólo canal de transporte (TS: Definido para los sistemas MPEG-2) se transmite en un canal de transmisión de ancho de banda de $N_s \cdot LBo / 14$ MHz (N_s indica el número de segmentos usado en el sistema) y si esta o no una transmisión jerárquica está en funcionamiento. Por esta razón, la división y síntesis del TS es necesario que este proceso se realice en ambos lados (en la transmisión y la recepción). Debe notarse que la recepción parcial es parte de una señal entera en un canal, parte de un TS es recibida en recepción parcial.



3. "Sistemas de HDTV existentes."

3.3.6.-Parámetros de la transmisión (ISDB-T para 6 MHz).

Los modos de transmisión en ISDBT determinan el número de señales que se pueden enviar y la forma en que deben ser moduladas y codificadas, además de modificar las bandas de guarda y los bitrates de transferencia.

Modo		Modo 1		Modo 2		Modo 3	
Ancho de banda		6000/ 14 = 428.57 KHz					
Espacio entre portadoras		6000/ (14 X 108) = 3.968 KHz.		6000/ (14 X 216) = 1.9841 KHz		6000/ (14 X 432) = 0.99206 KHz	
Número de portadoras	Total	108	108	216	216	432	432
	Datos	96	96	192	192	384	384
	Sp	9	0	18	0	36	0
	Cp	0	1	0	1	0	1
	TMCC	1	5	2	10	4	20
	AC 1	2	2	4	4	8	8
	AC 2	0	4	0	9	0	19
Modulación de la portadora		16-QAM, 64-QAM, QPSK	DQPSK	16-QAM, 64-QAM, QPSK	DQPSK	16-QAM, 64-QAM, QPSK	DQPSK
Número de símbolos por Frame		204					
Duración efectiva del símbolo		252 µs.		504 µs.		1008 µs.	
Intervalo de guarda		63µs.(1/4), 1.5µs.(1/8), 15.75µs.(1/16), 7.875µs.(1/32)		126µs.(1/4),63µs.(1/8), 1.5µs.(1/16), 15.75µs.(1/32)		256µs.(1/4),126µs.(1/8),63µs.(1/16), 1.5µs.(1/32)	
Duración del Frame		64.26ms.(1/4), 57.834ms.(1/8), 54.3621ms.(1/16), 53.014ms.(1/32)		128.52ms.(1/4), 115.668ms.(1/8), 109.242ms.(1/16), 106.029ms.(1/32)		257.04ms.(1/4), 231.336ms.(1/8), 218.454ms.(1/16), 212.058ms.(1/32)	
Frecuencia de reloj de FFT		512/63= 8.126984 Mhz.					
Codificador interno		Código convolucional (1/2, 2/3, 3/4, 5/6, 7/8)					
Codificador salida		RS (208,188)					
Sp: (Pilotos dispersos) y CP (Pilotos continuos), son usados para la sincronización de la frecuencia y la estimación del canal							
TMCC (Control y configuración de transporte y multiplexión): portadoras de información con parámetros de transmisión							
AC (canal auxiliar): portadoras con información para operación en red							

Tabla 3-6. Modos de transmisión y sus parámetros.



3. "Sistemas de HDTV existentes."

Modulación de portadora	Código convolucional	Número de TSP transmitidos Modo (1/2/3)	Transferencia de información (Kbps)			
			Intervalo de guarda 1/4	Intervalo de guarda 1/8	Intervalo de guarda 1/16	Intervalo de guarda 1/32
DQPSK	3/4	12/ 24/ 48	280.85	312.06	330.42	340.43
		16/ 32/ 64	374.74	416.08	440.56	453.91
QPSK	3/4	18/ 36/ 72	421.28	468.09	495.63	510.65
		20/ 40/ 80	468.09	520.10	550.70	567.39
		21/ 42/ 84	491.50	546.11	578.23	595.76
16 QAM	2/3	24/ 48/ 96	561.71	624.13	660.84	680.87
		32/ 64/ 128	748.95	832.17	881.12	907.82
		36/ 72/ 144	842.57	936.19	991.26	1021.30
		40/ 80/ 160	936.19	1040.21	1101.40	1134.78
		42/ 84/ 168	983.00	1092.22	1156.47	1191.52
64 QAM	2/3	36/ 72/ 144	842.57	936.19	991.26	1021.30
		48/ 96/ 192	1123.43	1248.26	1321.68	1361.74
		54/ 108/ 216	1263.86	1404.29	1486.90	1531.95
		60/ 120/ 240	1404.29	1560.32	1652.11	1702.17
		63/ 126/ 252	1470.50	1638.34	1674.71	1787.28

Tabla 3-7. Transferencia de información por segmento para ISDB-T (6Mhz)

3.3.7.-Multiplexión.

La multiplexión esta basada en MPEG-2 con el Transport String (TS), en este caso, son definidos el TMCC y la multiplexión de la trama para cada TS.

A) Multiplexión de una trama.

Para la transmisión jerárquica usando un esquema de segmentos OFDM. ISDB-T define que cada trama debe tener un tamaño de 204 bytes compuestos por los segmentos de datos llenos y 16 bytes de código de corrección de errores (Red Solomon Parity). El método de remultiplexión de una trama de TS esta predeterminado en el camión del receptor para regenerar el mismo TS.

3.3.8.-Señales de control de MPEG-2.

Para la transmisión jerárquica son aplicadas las siguientes reglas:

Si se usa una sola transmisión robusta o de una sola capa se multiplexa usando PAT, NIT, CAT.

Si se multiplexa un paquete de recepción parcial y es transmitido en un periodo de tiempo determinado (modo 1); si dos paquetes con el mismo intervalo del modo 1 son transmitidos siempre multiplexando la trama (modo 2); cuatro paquetes con los mismos intervalos son transmitidos siempre multiplexando la trama. A este tipo de multiplexión se le denomina por paquetes para capas de recepción parcial PCR (Packet for partial Reception Layer).

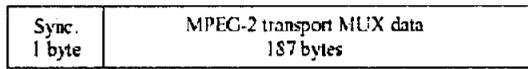


3. "Sistemas de HDTV existentes."

3.3.9.-Codificación del canal.

El retraso causado en el proceso de entrelazado difiere de paquete en paquete de diferentes capas que dependen de sus propiedades (por ejemplo, la modulación y codificación del canal). En este sentido, para compensar por el retraso de diferencia se incluye un número de bits de des-entrelazado en el receptor, el ajuste de retraso se lleva fuera de la trama de datos conocido como bit inteligente en el lado de la transmisión.

Cuando se codifican las tramas se les agrega un tiempo de ajuste mediante bits que compensan el retraso, estos son agregados en el entrelazado de la trama. Además se les agrega el código de protección RS-TSP (Red -Solomon), el cual a los 188 bytes se suma para dar un total de 204 bytes y ofrecer una protección de arriba de 8 bytes por cada cadena de 204 bytes recibida. (RS 204,188)



(a) MPEG-2 Paquete de transporte (TSP)



(b) Transmisión TSP, RS (208,188), Protección de errores TSP.

Figura 3-15. Trama de TSP en ISDB-T.

Los TS a la salida del codificador son divididos siempre en 204 bytes, son acomodados de acuerdo a la jerarquía de la capa que pertenecen, en este sentido, son ordenados de acuerdo a un pulso de sincronía de la trama OFDM.

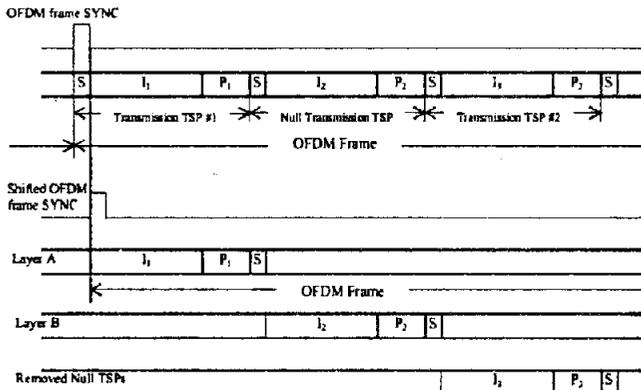


Figura 3-16. Trama de un segmento OFDM.

A) Ajuste del tiempo de retraso.

El retraso en la formación de la trama es diferente para cada uno de los segmentos, considerando su modulación, codificación, etc. En este orden se debe de informar al receptor de las características para que



3. "Sistemas de HDTV existentes."

compense estos retrasos de la forma adecuada; aquí se determina la información que llevará el byte inteligente de acuerdo a la modulación de la portadora y el código de error utilizado independiente de la capa a la que pertenezca.

3.3.10.-Modulación.

La modulación del sistema es ODFM, el diagrama a bloques nos muestra el procedimiento que sigue la trama desde su codificación del canal hasta que se obtiene la señal modulada.

Como se forma el segmento ODFM de diferentes tramas, es importante considerar el tiempo de retraso (byte inteligente) y además de esto, cada modulación agrega un retraso a la misma trama, por lo que el ajuste que depende del tipo de modulación es agregado como dos símbolos del segmento ODFM. Estos símbolos tienen un valor determinado para cada tipo de modulación, la capa y el número de segmentos utilizados.

A) Modulación DQPSK.

(Double Quadrature Phase Shift Keying).

Es una modulación digital que obedece a una asignación de bits de $\pi/4$ donde se tienen el doble de valores que en una modulación QPSK, a la salida de este modulador se introduce la señal en un convertidor serie-paralelo (s/p) para ir formando la trama de datos; al realizar estos procedimientos se crea un retraso de tiempo, mismo que es compensado insertando retrasos (15) en la intratrama formada; De acuerdo al modo que pertenezcan le son agregados símbolos de compensación de tiempo de retrasos. Considerando N como el número de segmentos usados para formar el ODFM, para el modo 1 son 96 N (96 N x 2 bits). Para el modo 2 (192 N x bits) 192 N símbolos y para el modo 3 (384 N x 2 bits) 384 N.

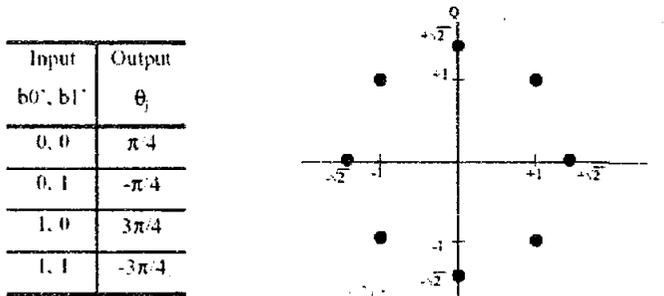


Figura 3-17. Modulación DQPSK.

B) Modulación QPSK.

Si consideramos un sistema en el cual se combinan dos pulsos binarios sucesivos el resultado es un conjunto de cuatro pares binarios, 00, 01, 10 y 11 se usan para activar una onda senoidal con 4 posibles ángulos de fase de igual magnitud. Por lo que en este tipo de modulación la salida del modulador es considerada en pares de valores que representan un retraso de 120 bits en el segundo valor respecto al primero, este retraso es acarreado en la trama para ser compensado. Para la modulación QPSK se muestran los valores que corresponden a los ángulos de la señal.



3. "Sistemas de HDTV existentes."

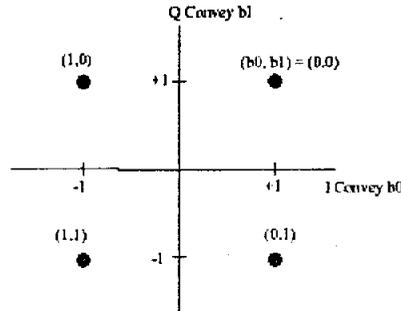


Figura 3-18. Modulación QPSK.

C) Modulación 16-QAM.

La modulación en Amplitud de Cuadratura indica que tendrá 16 posibles valores en la constelación, por lo que el vector tiene una amplitud diferente para cada uno de los correspondientes símbolos. En este caso se utilizan 4 bits (2^n , siendo n el número de bits) para poder representar los 16 diferentes valores; por lo que se obtiene a la salida del modulador una cadena de 4 bits en paralelo, para cada línea de datos se agrega un tiempo de retraso de acuerdo a que se generara por el modulador. Para el b0 no se agregan bits de retraso, para b1 se agregan 40 bits, para el b2 se agregan 80 bits y para el b3 se agregan 120bits. La figura muestra las 16 diferentes posiciones de los vectores de acuerdo a su combinación de información I y Q.

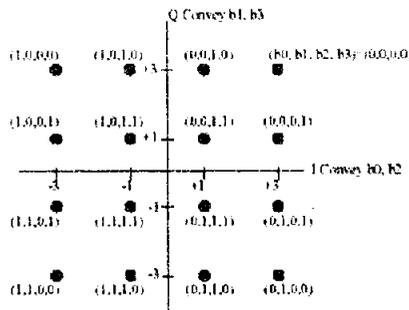


Figura 3-19. Modulación 16-QAM.

D) Modulación 64-QAM.

La modulación en amplitud de cuadratura con 64 valores es idéntica a la QAM simple, en este caso se tienen 6 bits en paralelo para representar todas las amplitudes de los valores de la señal; en este caso el tiempo de retraso compensado deberá ser repartido entre 6, para la segunda línea de datos que entra al modulador se tendrá un retraso de 24 bits, 48 bits para la siguiente línea de datos, 72 bits para la cuarta y 96 bits para la quinta; la última línea tendrá un retraso de 120 bits. En la figura se muestra la posición de cada una de las serie de bits correspondientes.



3. "Sistemas de HDTV existentes."

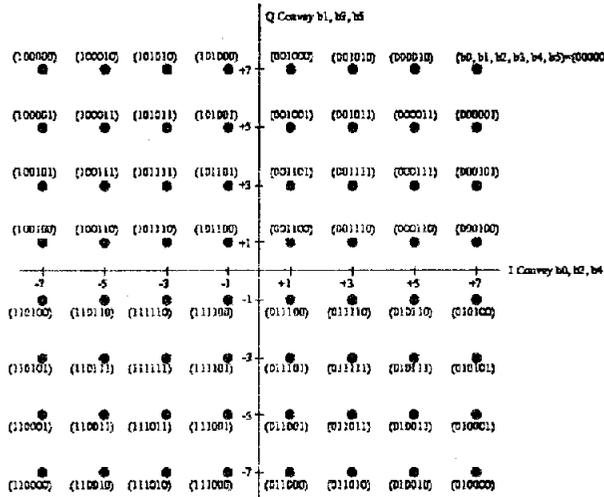


Figura 3-20. Modulación 64-QAM.

3.3.11.-Segmento de datos.

De acuerdo al modo (1,2 o 3) se establece el número de símbolos que ocupará cada segmento de datos, el segmento de datos corresponde a una parte del segmento ODFM, la estructura de cada tipo de segmento de datos es la siguiente:

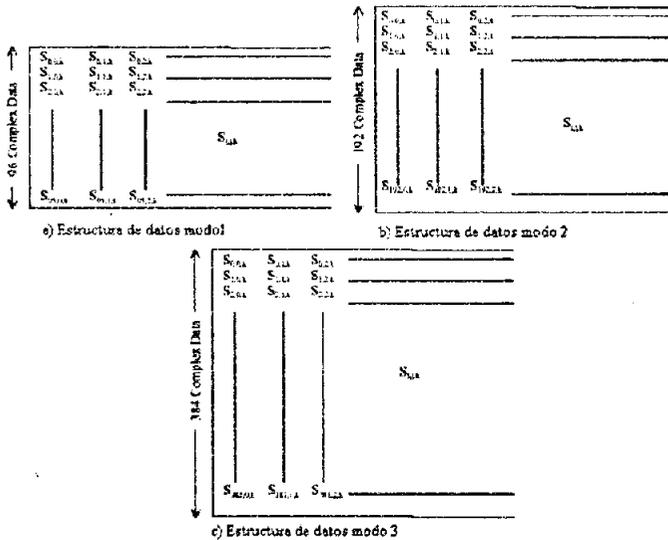


Figura 3-21. Segmentos de datos para los modos de transmisión.



3. "Sistemas de HDTV existentes."

3.3.12.-Frecuencia de entrelazado.

La frecuencia de entrelazado depende del esquema de modulación utilizado, el multiplexor de segmentos agrega a los segmentos de datos un tiempo de retraso por trama, es decir que acomoda los bloques de datos y de acuerdo a su posición y capa reciben una serie de bits, esto es porque el segmento ODFM debe de tener una longitud de 204 símbolos siempre.

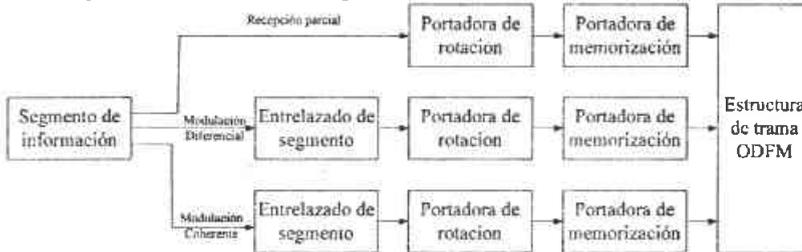


Figura 3-22. Diagrama de la estructura de trama ODFM.

Se utilizan diferentes distribuciones de los símbolos dependiendo si la modulación es diferencial o coherente, la estructura del segmento ODFM esta constituida de pilotos de control (CP), señales de control de la multiplexión y transmisión (TMCC), y canales auxiliares (AC).

Para una multiplexión diferencial (DQPSK), de acuerdo a esto se consideran constantes las longitudes en todo el segmento y por lo tanto los pilotos son continuos todo el tiempo (CP), Los TMCC (Control de configuración de multiplexión y transmisión) están siempre en la misma posición al igual que los canales auxiliares (AC). $N_c=180$ para modo 1, $N_c=216$ para el modo 2 y $N_c=432$ para el modo 3.

Se considera modulación coherente las que se realizan aplicando QPSK, 16QAM o 64 QAM; donde se insertan (SP) Scaret Pilots cada 12 portadores y son siempre 4 símbolos, la posición de TMCC cambia de acuerdo al modo (1,2 o 3).

3.3.13.-Control y configuración de la transmisión.

Los trece segmentos son numerados de acuerdo al tipo de modulación de cada uno de ellos, los segmentos de modulación diferencial y modulación coherente son colocados del centro hacia fuera de la estructura, de acuerdo a esto se forman los segmentos de transmisión jerárquica ODFM.

Segmento # 11	Segmento # 9	Segmento # 7	Segmento # 5	Segmento # 3	Segmento # 1	Segmento # 0	Segmento # 2	Segmento # 4	Segmento # 6	Segmento # 8	Segmento # 10	Segmento # 12
Segmento de Modulación Coherente	Segmento de Modulación Coherente	Segmento de Modulación Coherente	Segmento de Modulación diferencial	Segmento de Modulación diferencial	Segmento de Modulación diferencial	Segmento de recepción parcial	Segmento de Modulación diferencial	Segmento de Modulación Coherente	Segmento de Modulación Coherente			

Figura 3-23.

Los segmentos se juntan para formar una estructura insertando bandas de guarda entre ellos que dependen del tipo de modulación utilizada. La señal TMCC determina exactamente la estructura de cada uno de los segmentos y debe de ser interpretada de forma correcta por el receptor para recuperar la información. La posición de las señales TMCC se resumen en las siguientes tablas:



3. "Sistemas de HDTV existentes."

Bo	Bit de inicialización para modulación DBPSK
B2 – B16	Palabra de sincronización
B17 – B19	Segmento descriptor (Modulación Diferencial: 111, Modulación Coherente: 000)
B20 – B23	Información TMCC (102 bits)
B122 – B203	Bits de Paridad

Bits B20 – B121	Número de bits	Propósito/Contenido	
B ₂₀ – B ₂₁	2	Descriptor de Sistema	
B ₂₂ – B ₂₅	4	Índice de conteo decreciente	
B ₂₆	1	Switch de encendido usado para control de Broadcasting	
B ₂₇	1	Configuración de información actual	
B ₂₈ – B ₄₀	13	Bandera de Recepción parcial	
B ₄₁ – B ₅₃	13		Parámetros de transmisión para Capa A
B ₅₄ – B ₆₆	13		Parámetros de transmisión para Capa B
B ₆₇	1	Configuración de información siguiente	
B ₆₈ – B ₈₀	13	Bandera de Recepción parcial	
B ₈₁ – B ₉₃	13		Parámetros de transmisión para Capa A
B ₉₄ – B ₁₀₆	13		Parámetros de transmisión para Capa B
B ₁₀₇ – B ₁₂₁	15	Reservados para uso futuro	

Tabla 3-8.

3.3.14.-Canal auxiliar.

Sirve para transmitir audio, video o datos entre transmisoras de servicios, también se basa en los esquemas MPEG-2 y se pueden tener AC1 y AC2 para una determinada aplicación entre Broadcaster. Su esquema de modulación es DQPSK y puede ocupar 203 bits por cada trama. En el segmento ODFM se pueden usar los canales de una sola trama o de las trece.

	Número de bits
Modulación	3
Código de transferencia	3
Tiempo de entrelazado	3
Número de segmentos	4

Tabla 3-8.

3.3.15.-Sistema de recepción.

Los receptores deben de contar con los elementos necesarios para realizar el proceso inverso al realizado en la transmisión, es decir, deben recibir un segmento de ODFM y principalmente manejar las señales de TMCC en cada una de las diferentes etapas.

- Lo primero que se hace es determinar cual de las modulaciones fue utilizada (coherente o diferencial), de acuerdo a eso hay un demodulador para cada tipo de señal recibida.
- Se reproducen una frecuencia de desentrelazado considerando los tiempos de retraso y los bits para cada tipo de modulación (64QAM, 16QAM, etc.)



3. "Sistemas de HDTV existentes."

- Dependiendo de la modulación se introduce la señal al demodulador correspondiente.
- Para separar las señales se consideran tiempos de retraso de acuerdo a las bandas de guarda utilizadas en la formación del segmento ODFM.
- Se demultiplexan las tramas dependiendo del modo de cada uno de los segmentos. Se agregan los segundos grupos de bits de compensación por tiempo de retraso.
- Se obtienen las estructuras de datos que tienen una longitud variable (modo 1, modo 2 o modo 3).
- Se introduce en un decodificador y una demultiplexión para cada trama.
- Se retira el Byte inteligente dependiendo de su posición en el demultiplexor.
- Se obtiene la trama de información (188 bytes) cuando se retiran o agregan los bytes de protección de (SR).

Un receptor puede estar diseñado para recibir solo un tipo de servicio o varios tipos como lo son video, audio o telefonía. Debido a que existe transmisión jerárquica, los receptores pueden estar diseñados para recibir una o tres capas de la transmisión. Los receptores manejan múltiples interfaces de acceso, la más importante es la Interfase común para el Acceso condicional (ARIB STD B-25) que utiliza el algoritmo de corrimiento común (Multi-2), requerido para descifrar la señal de TV. ISDB utiliza el sistema CAS (de la compañía B-CAS, Japón), este consiste en una tarjeta de acceso ya que la señal de ISDB siempre esta encriptada, el sistema de B-CAS es utilizado también cuando un programa de TELEVISIÓN es libre y se denomina "Pago por el sistema de vista sin cargo."

- ISDB soporta RMP (Derechos y protección y manejo). Todos los sistemas de DTV llevan contenido de datos digital. El DVD y las grabadoras de HD pueden copiar contenidos fácilmente y allí que el volumen pirateado mucho del que circula en el mercado. Hollywood requería de protección y la respuesta era RMP. El volumen tiene tres modos "Copie una vez", "la Copia libre" y "nunca Copie." En "Copie una vez" modo que un programa puede guardarse en un registrador del disco duro, pero no puede copiarse.
- Hay dos tipos de receptor de ISDB: la TELEVISIÓN y STB (Set top box). La proporción del aspecto de televisión de ISDB es 16:9. Estas televisiones se llaman TELEVISIÓN de alta definición. Hay tres tipos de TV.: CRT (tubo de rayo de Catódico), PDP (pantalla de Plasma) y LCD (Pantalla de cristal Líquido). LCD es el formato de HDTV más popular en el mercado japonés.
- Los receptores LCD eran aproximadamente 60 por ciento del mercado japonés. El dispositivo PDP ocupa el mercado del extremo alto con unidades de más de 50 pulgadas. PDP y CRT ocupan aproximadamente el 20 por ciento de receptores japoneses.
- La tecnología que utiliza CRT es considerado como nivel de calidad baja para HDTV.



Figura 3-24. Receptor de HDTV de Plasma.



3. "Sistemas de HDTV existentes."

- El STB a veces es llamado sintonizador digital, el ISDB STB de extremo alto tiene varias interfaces:
 - Conector de F (s) para la entrada de RF.
 - D4 conector para monitor de HDTV para cine en casa.
 - Las interfaces ópticas de audio digitales que unen el amplificador del audio y los altavoces para audio de 5.1 canales del cine en casa.
 - IEEE 1394 (FireWire) la interface para grabadores de datos digital como DVD en cine en casa.
 - Jacks de video RCA para proporcionar señal de SDTV convertido de señales HDTV para televisión de CRT o VCR.
 - Jacks de video RCA que proveen de audio estereofónico a televisiones analógicas de CRT o VCR.
 - S-Video para televisiones analógicas de TRC o VCR.
 - Conector 10BASE-T/100BASE-T y conector telefónico para la interfase del modem para la conexión a Internet.
 - B-CAS tarjeta interfase para des-criptación.
 - IR para la unidad de control remoto, etc.

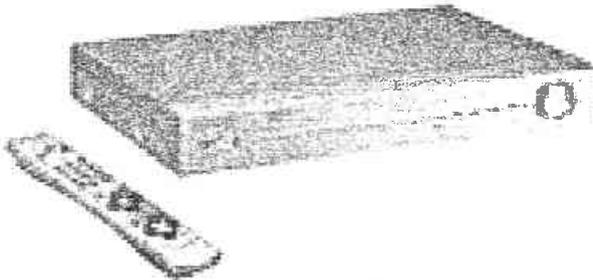


Figura 3- 25 Set Top Box para ISDB-T

Se busca una interacción de los sistema con conexiones de retorno de datos por medio de Internet utilizando red (10 base-T/100Base-T), la línea telefónica (LAN telefónico), Móvil inalámbrico (IEEE 802.11), etc. Algunas de estas interfaces interactivas son las guías de programación electrónica (EPG) utilizando la interfase de datos ARIB STD B-24.

Debido a que los receptores pueden trabajar con DTTB (Digital Terrestrial Television Broadcasting) y DSTB (Digital Terrestrial Sound Broadcasting), pueden trabajar con los segmentos ODFM de 430 KHz. y recibirse en movimiento sin sufrir degradaciones en la señal, se utiliza una red de Frecuencia única (SFN), con esto se cubre un área amplia usando una sola frecuencia distribuyendo retransmisores para formar células.



3. "Sistemas de HDTV existentes."

3.4.-El Estándar Europeo

3.4.1 -Desarrollo de la TVAD en Europa.

El inicio de una estrategia europea de desarrollo de la TVAD comenzó a gestarse durante la XVI Asamblea Plenaria del CCIR (Mayo 1986) en Dubrovnik, Yugoslavia. Durante esta sesión, los representantes europeos vetaron la propuesta de estándar mundial de TVAD para producción de estudio propuesta por Japón. La razón era clara: acordonar el mercado europeo de la nueva tecnología de televisión japonesa hasta que los fabricantes europeos estuvieran listos con productos competitivos. Como consecuencia de ello, la decisión se trasladó al periodo de estudios 1986-90. Unas semanas después, Europa inicia su propio proyecto de TVAD dentro de un programa denominado Eureka-95.

A) TVAD compatible utilizando el sistema MAC.

Previo a la Asamblea Plenaria de 1986, durante 1982-83, la Unión Europea de Radiodifusión (UER) normalizó el sistema MAC/paquetes para la Radiodifusión Directa por Satélite (RDS). El objetivo era desarrollar un sistema que ofreciese al mismo tiempo una mejora de la imagen y del sonido en comparación con los sistemas corrientes PAL/SECAM y dotase a Europa de una norma única de RDS. La adopción del sistema MAC/paquetes se consideró entonces como un paso preliminar, previendo el día en que apareciera la TVAD. La señal MAC/paquetes está conformada por imágenes de 625 líneas y 50 campos por segundo, y ocupa un ancho de banda de 5.75 MHz. Además de la señal de video, se tienen varios canales de audio de alta calidad, señales de datos y otras funciones de control. El sistema MAC/paquetes está diseñado también para visualizar imágenes con formato de pantalla ancha con definición normal, por lo tanto, el formato de la señal MAC puede ser 4:3 o 16:9. Esto era acorde con el concepto de una introducción futura de la TVAD, la cual se pensaba tardaría aún varios años en llegar. De esta forma, cuando en 1986 se estableció el programa de investigación y desarrollo Eureka-95, se decidió desarrollar un sistema de TVAD que constituyese una versión mejorada y compatible del sistema MAC. Tiempo después, este nuevo sistema de TVAD se denominaría HD-MAC (High Definition -MAC).

B) Compatibilidad entre los sistemas HD-MAC, MAC y PAL/SECAM.

Los europeos que participan en el programa Eureka-95 siguieron la estrategia adoptada hace varios años, según la cual las emisiones terrestres convencionales en PAL/SECAM se sustituirán por las emisiones a través de satélite de la señal MAC/paquetes, y eventualmente, las señales de alta definición HD-MAC sustituirían a las MAC convencionales. La evolución se realizaría en 4 etapas posibles, que sufrirán los receptores desde la televisión convencional hasta la distribución de señales de TVAD.

- En la primera etapa, las transmisiones terrestres convencionales PAL/SECAM continúan junto con las transmisiones MAC por satélite, en tanto la mayoría de los receptores sean sustituidos por los receptores MAC.
- En la segunda etapa, se contaría con una mayoría de receptores MAC, en donde podían aprovecharse la mejor calidad de imagen y sonido que brinda la señal MAC.
- En la tercera etapa, aparecieron los receptores en formato de pantalla ancha (16:9), pero aún sin la calidad de la alta definición. Esta etapa coincidirá con la introducción del servicio de transmisión para pantalla ancha. Cabe señalar que el convertidor y receptor MAC existentes podían visualizar transmisiones realizadas en formato 4:3 o 16:9 en una pantalla convencional de formato 4:3.



3. "Sistemas de HDTV existentes."

- En la cuarta etapa, se podrá hacer llegar toda la calidad de imagen TVAD a través de transmisiones HD-MAC que sólo podrán percibir los receptores HD-MAC, en tanto que los receptores MAC, podrán visualizar señales HD-MAC con calidad convencional. Esta etapa coincidirá con la introducción de las transmisiones en HD-MAC.

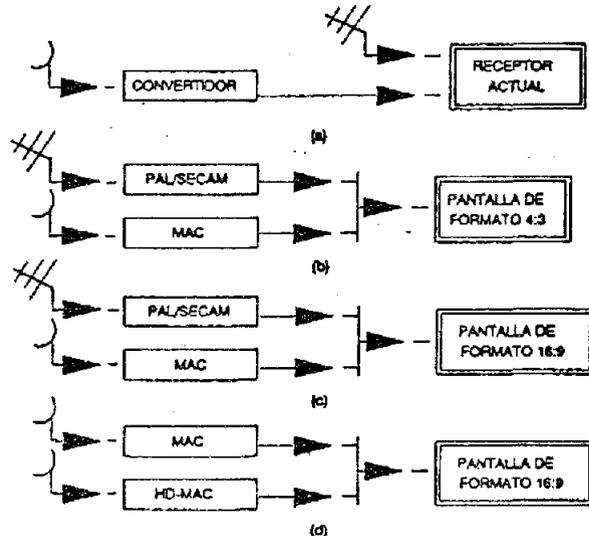


Figura 3-26 Etapas de transición de los receptores para la televisión en Europa.

Actualmente existe cierta discrepancia entre la Comunidad Europea en cuanto a los periodos que abarcarán cada una de estas etapas. Los primeros sistemas MAC iniciaron su funcionamiento experimental en 1989 tras los lanzamientos de los satélites TDF-1 (Francia) y TVsat-2 (Alemania). Durante 1991 se inició en Holanda la introducción de receptores de formato 16:9 y en 1992, los primeros programas radiodifundidos en HD-MAC en Europa fueron los Juegos Olímpicos de Albertville y los de Barcelona. Para 1995 se tenían emisiones regulares de TVAD en HD-MAC.

A finales de 1991, el consejo de ministros de la Comunidad Europea acordó una directiva en cuanto a las transmisiones por satélite que entró en vigor a partir del 1o. de enero de 1992. En esta directiva se acordó que las transmisiones 16:9 deben utilizar el sistema D2-MAC; los radiodifusores existentes que utilizan PAL o SECAM debían utilizar simultáneamente D2-MAC(1995); y cualquier servicio de TVAD que no sea "completamente digital" debe usar HD-MAC.

C) Programa Eureka-95.

El programa Eureka-95 se inició en 1986 bajo la iniciativa de Francia, Holanda, Alemania e Inglaterra (Thompson, Philips, Bosch y Thom Emi). A esta iniciativa se unieron después los radiodifusores y administraciones de comunicaciones de los principales países europeos, así como otras industrias europeas.

Los objetivos principales del programa Eureka-95 eran:

Desarrollo de un sistema completo de TVAD en base a una frecuencia de campos de 50 Hz, incluidos



3. "Sistemas de HDTV existentes."

todos los equipos necesarios para la producción de la señal, transporte, radiodifusión y recepción, garantizando en esta fase la compatibilidad con los receptores MAC. Y la presentación en el tiempo establecido (1990) ante la XVII Asamblea del CCIR de un sistema de TVAD completo, a fin de lograr su aprobación como norma a nivel mundial.

Ofrecer a la industria europea la oportunidad de recuperar el terreno perdido ante la competencia japonesa en el mercado de consumo de receptores de TV.

Colocar a los radiodifusores europeos en óptimas condiciones para producir programas de TV, con el fin de reducir la dependencia de la industria no-europea (EUA) en este sector.

Ofrecer a la industria europea de semiconductores una gran oportunidad para recuperar espacios perdidos en este campo.

Calendarios de proyectos

El programa se dividió en dos fases:

- La primera fase comenzó en septiembre de 1986 y terminó en junio de 1990. En esta fase se estudió la viabilidad y desarrollo a nivel prototipos, de las distintas partes del sistema, y se remitió la documentación necesaria al CCIR para proponer un sistema 1250/50/2:1 como norma de producción de estudio internacional.
- La segunda y última fase del desarrollo se inició el 10 de julio de 1990. Entre los objetivos más importantes de esta fase estuvo la producción piloto para los Juegos Olímpicos de Barcelona '92 y para la EXPO Sevilla '92 de 1000 receptores HD-MAC, 250 videocaseteras y 50 videodiscos láser.

El programa de trabajo ha estado definido en función del calendario de decisiones internacionales del CCIR, ya que la intención de éste era recomendar un sistema mundial de TVAD en la Asamblea Plenaria de 1990.

D) Programa Eureka-256.

El programa Eureka 256 se estableció en 1988 bajo el apoyo de un par de compañías italianas (RAÍ y Telettra) y la colaboración de sus filiales españolas y de la Universidad Politécnica de Madrid. El objetivo principal de este programa es la construcción de codecs de TV y TVAD para la transmisión de señales de video con una calidad de producción de estudio para el intercambio y distribución de programas. La solución más prometedora es la de una técnica totalmente digital aplicable a fibras ópticas, cables coaxiales, radioenlaces y como requisito en los EUA, que el futuro sistema de TVAD para los sistemas terrestres, esté restringido al uso de un ancho de banda de 6 MHz, que es el ancho de banda actual de los canales de televisión en el sistema NTSC. Cabe mencionar que el interés, por parte de diversas organizaciones y comités de radiodifusión de los EUA, por un nuevo sistema de TVAD, ha pasado de un sistema de transmisión analógica a un sistema de transmisión digital, es decir, a un sistema de TVAD totalmente digital. Este cambio de parecer lo ha provocado, una serie de factores políticos y económicos, similares a los que llevaron a Europa al desarrollo de un sistema de TVAD propio, es decir, una independencia tecnológica de los sistemas existentes (MUSE y HD-MAC) y una resurrección de la industria electrónica en los EUA.



3. "Sistemas de HDTV existentes."

3.4.2.-Digital Video Broadcasting (DVB).

A) Fundación del proyecto DVB.

En 1993 fue fundado el proyecto por un grupo de organizaciones privadas y públicas de la industria de la televisión. Establecieron un trabajo con la introducción de servicios de Televisión digital basados en MPEG-2, actualmente esta compuesto por 200 empresas en mas de 25 países en todo el mundo. Dando como fecha de adopción del estándar el 28 de febrero de 1997. Este describe un sistema de transmisión básico para la televisión terrestre digital (Televisión), especifica el sistema de codificación/modulación del canal pensado para los multi-programas digitales LDTV / SDTV / EDTV / HDTV de servicios terrestres.

B) Fundamentos de DVB.

El estándar de DVB consiste en actualmente 3 porciones importantes:

DVB-S
DVB-C
DVB-T

La letra indica la manera como la señal es transmitida, así, DVB-S se basa en los satélites, DVB-C utiliza la red de cable hasta el hogar, y DVB-T se basa en la transmisión terrestre. El estándar de DVB es más amplio que Satelite/Cable/Terrestre, DVB-H es el estándar para difundir el contenido de la TV a los dispositivos móviles como PDAs o a los teléfonos móviles, DVB-S2 es una extensión del estándar de DVB-S más eficiente que el existente y ofrece más servicios, este, se engrana hacia la transmisión del contenido de HDTV.

El estándar más joven de DVB es DVB-T utiliza las antenas regulares de la casa. La anchura de banda del canal es de 8 megaciclos justo como en DVB-C y el esquema de modulación usado es COFMD (múltiplex orthogonal cifrado) de la división de la frecuencia. Además de la codificación de la modulación, DVB también utiliza la codificación circunvolucional, y la corrección de error adelantada (se agrega la información adicional a la señal transmitida y permite su reconstrucción si una parte de la señal no se consigue por perdida o desvío).

DVB utiliza la compresión MPEG-2 para el vídeo, y cualquier MP2 (MPEG-1 capa audio 2) o AC3 (Digital Dolby 2.0 o 5.1) para el audio. Los bitrates audio usados están generalmente en las gamas 256kbit/s para MP2, y 192 - 448 kbit/s para AC3. Cuando se crea el último formato, el codificador, divide audio y el vídeo en paquetes de un tamaño común (el tamaño puede variar). Cada paquete (conocida como PES: La corriente elemental de Packetized) tiene un jefe de 8 octetos que además de un Stara-code de 3 octetos, contiene1 octeto para la identificación de la corriente, un octeto 2 para indicar la longitud del paquete y de dos timestamps: el DTS (timestamp de descifrado) y el PTS (timestamp de la presentación). Lo anterior indica cuando un paquete tiene que ser descifrado, y el último cuando el paquete descifrado tiene que ser enviado a la salida del decodificador, se tienen dos timestamps porque MPEG-2 permite la codificación bidireccional (b-marcos) y requiere de ciertos marcos descifrados fuera de servicio (como una referencia de marcos del b anterior y los marcos futuros, para descifrar, ambos marcos referidos tienen que estar disponibles. Los marcos N-1 y N+1 son las referencias del marco N, N es un b-marco, el decodificador tiene que descifrar los marcos en el orden siguiente: N-1, N+1, N, y los envía a la salida en el orden siguiente: N-1, N, N+1).



3. "Sistemas de HDTV existentes."

Para transmitir el vídeo digital se utilizan: Corrientes de transporte, que contiene el vídeo múltiple y los canales de audio (en contraste: una corriente del programa permite solamente una corriente de vídeo), así, una corriente del transporte puede contener las cadenas múltiples de la TV, cada una codificadas en diversos bit-rates y tener diversos timestamps. Una corriente de los TS también se basa en los paquetes del PES, pero para identificar qué paquetes pertenecen a qué estación, es necesaria la información adicional: la PSI (información específica del programa) se utiliza para decir a un decodificador qué paquetes pertenecen juntos (los datos de vídeo, audio y adicionales como subtítulos, teletexto, etc.).

Los paquetes del PES en una corriente de los TS son los 188 octetos grandes. Los primeros 4 octetos son utilizados por un jefe, que contiene un indicador del error de transporte, un identificador del paquete, el revolver-Info (para los canales de TV revueltos) un contador de la continuidad (que permita que el decodificador se determine si se ha omitido un paquete, repetido o transmitido fuera de la secuencia). Para tener un reloj común (27 megaciclos), el campo de la adaptación utiliza periódicamente de insertar un timestamp global (PCR: Referencia del Reloj del Programa).

De acuerdo con la PSI, un decodificador puede extraer los identificadores del paquete (PIDs) que pertenecen a cierto canal de TV, y descifrar solamente éstos si se utiliza cierto canal.

Resoluciones, cocientes de aspecto y velocidad de cuadro:

Aunque DVB se utiliza sobre todo para (SD) las difusiones de TV regulares en la resolución de DVD (720x480, 30 fps para NTSC y 720x576 25 fps para el SECAM), el estándar también apoya HDTV. Hasta ahora, HDTV-DVB excesivo se utiliza solamente con frecuencia en las difusiones de DVB-T de Australia. Para las difusiones de SDTV se apoyan una variedad de resoluciones

Para HDTV, DVB apoya resoluciones de 1920x1080 (en 23.976, 24, 25 y 29.97fps progresivos y 29.97/30 fps entrelazados) los fps de 1920x1035 (25, 29.97 y 30 entrelazados), 1440x1152 en 25fps entrelazado y 1280x720 en 23.976/24/25/29.97/30/50/59.94/60 fps progresivos. Todas esas resoluciones se permiten solamente para el contenido de 16:9.

DVB ofrece más servicios: Permite el acceso del Internet (usado comúnmente para satélite, ya es utilizado con los otros estándares de DVB también), y cifrar los canales (para la TV de paga). El contenido de DVB se puede cifrar en PES o TS llano. El estándar de DVB-C define cómo un decodificador puede descifrar los canales cifrados, una variedad de estándares de cifrado son apoyados, por ejemplo Nagra, Irdeto y Viaccess. Se utiliza para descifrar un canal un ci (interfaz común) basado en una ranura estándar de PCMCIA en un receptor de DVB.

C) Especificaciones de la Norma DVB-T.

El alcance de la especificación es como sigue:

- Da una descripción general del Sistema Básico para la TELEVISION terrestre digital;
- Identifica los requisitos de actuación globales y rasgos del Sistema Básico, en orden para conocer la calidad del servicio;
- Especifica la modulación de la señal digital para permitir compatibilidad entre las piezas de equipo desarrollado por diferentes fabricantes. Esto es logrado describiendo el proceso señalado en detalle en el lado del modulador-demodulador, mientras el proceso en el lado del receptor queda abierto para



3. "Sistemas de HDTV existentes."

implementar diferentes soluciones de aplicación. Sin embargo, es necesario en este texto referirse a ciertos aspectos de recepción.

3.4.3.-Sistema básico.

A) Consideraciones generales.

El sistema se define como el bloque funcional de equipo que realiza la adaptación del ancho de banda de las señales de Televisión para las salidas del multiplexor MPEG-2 de transporte de acuerdo a las características del canal terrestre, teniendo que ser aplicados los siguientes procedimientos al canal de datos:

- El transporte, adaptación multiplexión y memorización de la energía de dispersión;
- El codificador exterior (código Reed-Solomon);
- El entrelazado exterior (entrelazado convolucional);
- El codificador interno (código convolucional de pulsos);
- El entrelazado interno;
- Trazado y modulación;
- La transmisión OFDM.

El sistema es directamente compatible con MPEG-2 y la codificación señalada por ISO/IEC 13 818. Puesto que el sistema está diseñándose para que la televisión terrestre digital opere dentro de UHF, debe existir junto a la asignación del espectro para las transmisiones del análogo, se requiere que el Sistema proporcione protección suficiente contra los niveles altos de Interferencia del Co-cauce (CCI) y Interferencia del canal adyacente (ACI) emanando de los servicios de PAL/SECAM existentes. También es un requisito que el Sistema permita la eficacia de espectro de máximo cuando se usa dentro de las bandas de UHF; este requisito puede ser logrado utilizando el funcionamiento denominado Red de Frecuencia Única (SFN). Los canales tienen un espaciado de 8 MHz. Una adaptación de esta especificación para canal de 7 MHz ha sido lograda reduciendo todos los parámetros del sistema según un cambio de proporción del reloj de 64/7 MHz a exactamente 8,0 MHz. La estructura del marco y las reglas para codificación y entrelazado se siguen, sólo la capacidad de los datos del sistema es reducida por un factor 7/8 debido a la reducción respectiva de ancho de banda señalado.

Se definen dos modos de funcionamiento: un "modo 2k " y un "modo 8k." El "modo 2k " es conveniente para un único transmisor y redes de SFN pequeñas con distancias del transmisor limitadas. El "modo 8k " puede ser para el funcionamiento de un transmisor y para las redes de SFN pequeñas y grandes. El sistema permite niveles diferentes de modulación de QAM y el código interno diferentes tasas para ser usadas con diferentes tecnologías comerciales. El sistema también permite cauce jerárquico que codifica y modula a dos niveles, incluyendo el uniforme y constelación de multi-resolución. En este caso el diagrama del bloque funcional del sistema se extenderá para incluir los módulos mostrados en figura 3-27. La división separa el canal de transporte entrante en dos MPEG independientes, vierte uno llamado prioritario y uno bajo-prioridad. Estas dos cadenas de bits se trazan hacia la constelación señalada por el muestreador y Modulador-demodulador que por consiguiente tiene un número correspondiente de entradas.



3. "Sistemas de HDTV existentes."

Garantizar que los signos emitidos por tales sistemas jerárquicos puedan ser recibidos por un receptor simple, es el principio de la naturaleza jerárquica y se restringe a un cauce jerárquico que codifica y modula sin el uso de fuente de codificación jerárquica. Un servicio de programa puede ser simulcast con una proporción de baja cantidad de bits, la versión robusta y otra versión de proporción de más alta cantidad de bits y menos desigualdad. Alternativamente, los programas completamente diferentes pueden transmitirse en flujos separados con desigualdad diferente. En cualquier caso, el receptor requiere sólo de los elementos inversos: desentrelazado interno, el decodificador interno, desentrelazado externo, decodificador exterior y la adaptación múltiple, el único requisito adicional en el receptor, es la habilidad para que el demodulador produzca un flujo seleccionado de aquellos que recibe.

El precio para esta economía del receptor es que esa recepción no puede cambiar de una capa a otra (cuando se selecciona la capa más densa, la recepción se degrada) mientras se continúa descifrando y presentando cuadros de imagen y sonido. Una pausa es necesaria (por ejemplo, el marco de video se congela para aproximadamente 0.5 s, la interrupción del audio para aproximadamente 0.2 s) mientras el decodificador interno y los demás decodificadores de la fuente son adecuados, reconfigurados y se readquiere la entrada.

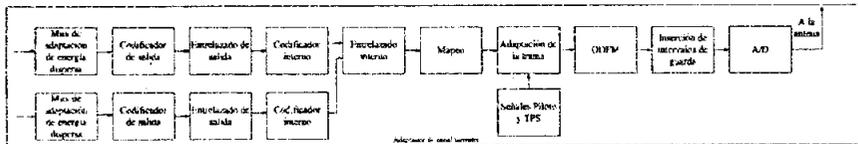
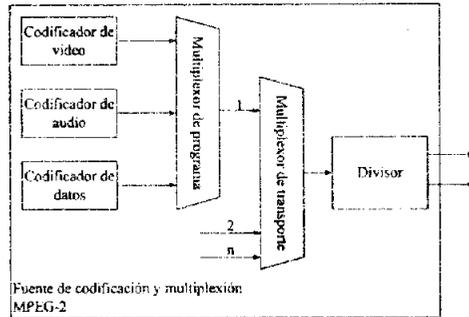


Figura 3-27 Diagrama de bloques del sistema de transmisión DVB-T.



3. "Sistemas de HDTV existentes."

B) Interfaces de unión.

El Sistema Básico como se definió en esta especificación es delimitado por las interfaces siguientes:

Ubicación	Interface	Tipo de interface	Conexión
Estación de Transmisión	Entrada	Canal de transporte multiplexado en MPEG-2	Del multiplexor MPEG-2
	Salida	Señal RF	Al aire
Estación de recepción	Entrada	RF	Del aire
	Salida	Canal de transporte multiplexado en MPEG-2	Para el demultiplexor MPEG-2

Tabla 3-8 Las Interfaces para el Sistema Básico

3.4.4.-Codificación y modulación del canal.

A) Transporte, adaptación y multiplexión para la dispersión de energía.

El flujo de entrada del Sistema se organiza en paquetes de longitud fija, siguiendo las multiplexiones del transporte de MPEG-2. La longitud del paquete total del MPEG-2 de multiplexión de transporte (MUX) es de 188 bytes. Esto incluye 1 byte de palabra-sincronización. El orden del proceso del lado del transmisor debe siempre empezar del MSB del byte de la palabra de sincronización. Para asegurar las adecuadas transiciones binarias, los datos de la entrada del multiplexor MPEG-2 se memorizan de acuerdo con las configuraciones de la información transmitida.

El proceso de aleatorización también será activo cuando el fragmento de flujo de entrada de modulador-demodulador sea inexistente, o cuando está no es compatible con el formato MPEG-2 de flujo de transporte (1 byte de la sincronización + 187 bytes del paquete).

B) Codificador exterior y el entrelazado exterior.

Se realiza en el codificador exterior y se va entrelazando en la estructura de paquete de entrada. Reed-Solomon RS (204,188, $t = 8$) código reducido, derivó del RS sistemático original (255,239, $t = 8$) el código, se aplicará a cada uno de los paquetes de transporte (188 bytes) y evita que genere un error el paquete protegido.

*Nota: El Reed-Solomon tiene longitud de 204 bytes, de dimensión 188 bytes datos y permite se corrijan al azar hasta 8 bytes erróneos en una palabra recibida de 204 bytes.

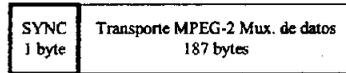
El entrelazado esta basado en la aproximación de Forney, el entrelazado de los bytes debe estar compuesto por paquetes de protección a errores, los cuales deben ser delimitados como invertidos o sin inversión para los MPEG-2 (conservando la periodicidad de 204 bytes).

Los entrelazados pueden componerse de $I = 12$ ramas. El registro de posiciones de entrada al interruptor será de primero entrada-primer salida (FIFO). Las células del FIFO contendrán 1 byte, y la entrada y interruptores del rendimiento deben se sincronizados. Para los propósitos de la sincronización, se

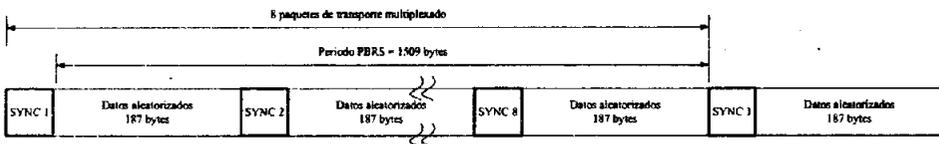


3. "Sistemas de HDTV existentes."

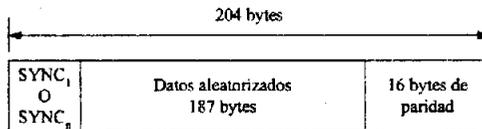
denotarán siempre los bytes de la SINCRONIZACION y los bytes de la SINCRONIZACION en la trama "0" del entrelazado (correspondiendo a un retraso nulo).



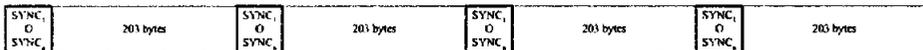
a) Paquete de transporte MPEG-2 Multiplexado.



b) Paquetes de transporte aleatorizados: Bytes de sincronía y Bytes de datos aleatorizados.



c) Paquetes con protección de errores Reed Solomon (204,188,8)



d) Estructura de los datos después del entrelazado de salida

Figura 3-28 Trama de los segmentos de datos con la sincronía y el código de protección de errores.

C) Codificador Interno.

El sistema permitirá un rango de código convolucional basado en una matriz de código de proporción 1/2 con 64 estados. Esto permitirá una selección del nivel más apropiado de corrección del error para un servicio dado cuando los datos están en modo de transmisión no-jerárquico o jerárquico. El generador de los polinomios del código principal son $G1 = 171_{Octal}$ para el rendimiento de X y $G2 = 133_{Octal}$ para el rendimiento de Y (Figura 3-29).



3. "Sistemas de HDTV existentes."

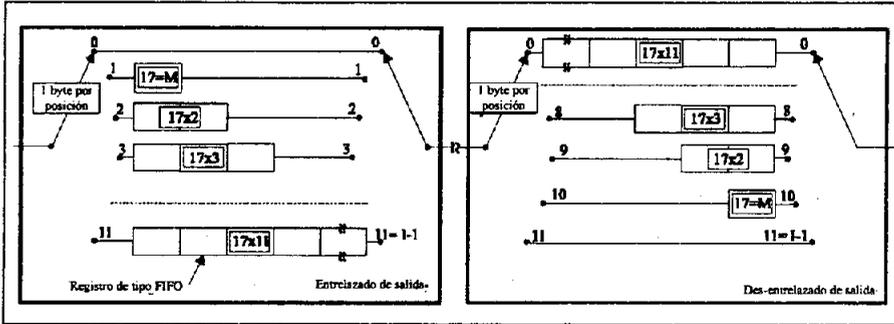


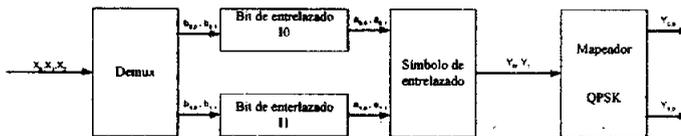
Figura 3-29 Codificador interno.

D) Entrelazado Interno.

El entrelazado interno consiste en entrelazar la parte-inteligente seguida del símbolo de entrelazado. Ambas partes se entrelazan de la siguiente forma: La entrada que consiste de dos flujos de porciones de datos, son multiplexadas en los subalternos flujos de v , donde $v = 2$ para QPSK, $v = 4$ para 16-QAM, y $v = 6$ para 64-QAM. En modo no-jerárquico, el único flujo de la entrada está demultiplexada en los subalternos flujos de v . En modo jerárquico el flujo de prioridad alto es demultiplexado en dos flujos sub-alternos y el canal de prioridad bajo es demultiplexado en 2 flujos sub-alternos v . Esto aplica en los modos uniforme y no-uniforme de QAM.

Cada flujo subalterno del demultiplexor es procesado por un intervalo de segmento separado. Hay por consiguiente seis entrelazados que dependen de v , llamados de I0 a I5, se usan I0 y I1 para QPSK, I0 a I3 para 16-QAM y I0 a I5 para 64-QAM.

El entrelazado sólo se realiza en los datos útiles, el tamaño del bloque es el mismo para cada entrelazado, pero la sucesión entrelazando es diferente en cada caso. Un bit entrelaza bloques de 126 bits, el proceso de entrelazado de bit se repite exactamente doce veces para la señal de datos útiles de OFDM en el modo 2k y cuarenta y ocho veces en la señal OFDM en modo 8k.





3. "Sistemas de HDTV existentes."

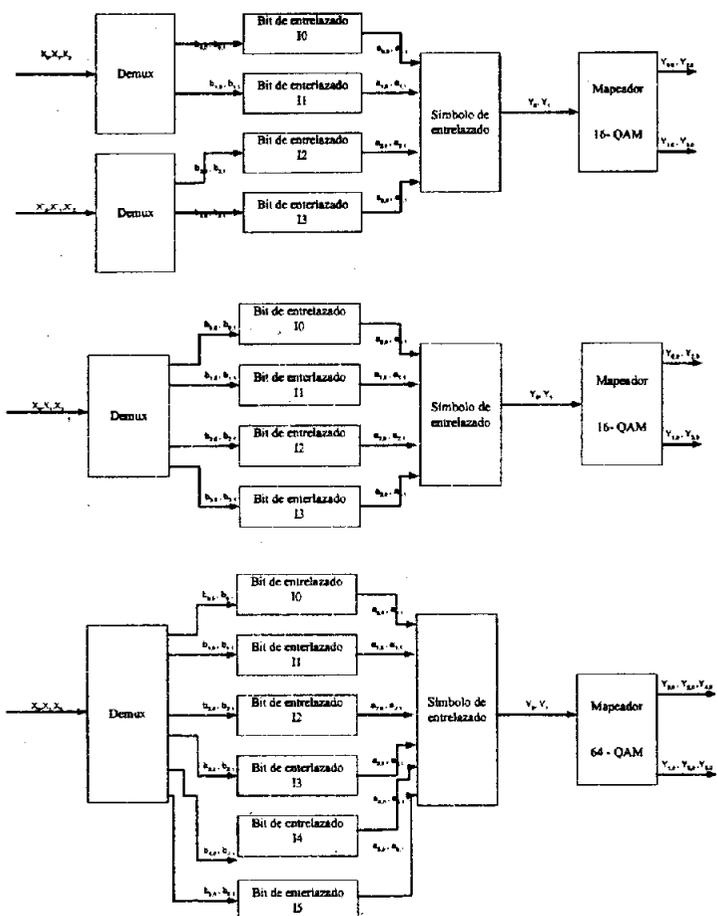


Figura 3-30 Entrelazado de bits para transmisión en modos jerárquicos y no jerárquicos.

E) Entrelazado de símbolos.

El propósito del entrelazado de símbolos es marcar en número de estos bits en un conjunto de datos de portadores activos 1512 (modo 2k) o 6048 (modo 8k) para la señal OFDM. El entrelazado del símbolo actúa en los bloques de datos colocando símbolos. Así en el modo 2k, 12 grupos de 126 datos forman una parte del segmento; en el modo 8k se congregan 48 grupos de símbolos para 126 grupos de datos.



3. "Sistemas de HDTV existentes."

F) Constelaciones de la señal.

El sistema usa para la transmisión Frecuencia Ortogonal de División Múltiple (OFDM). Todos los portadores de los datos en un segmento OFDM usan QPSK, 16-QAM, 64-QAM, no-uniforme 16-QAM o no-uniforme 64-QAM. La cartografía gris se aplica según para QPSK, 16-QAM y 64-QAM.

Transmisión no jerárquica- Los flujos de datos de la salida del entrelazado consisten en un determinado número de símbolos y cadenas de datos, los cuales son mapeados de acuerdo a la figura 3-31.

Transmisión jerárquica- En este caso los flujos de datos del entrelazado son mapeados de acuerdo a la modulación correspondiente de la figura 3-32.

Es en este lugar que los bits de señal tienen prioridad para determinar que tipo de modulación se está utilizando y la prioridad (alta o baja) en el caso de transmisión jerárquica.

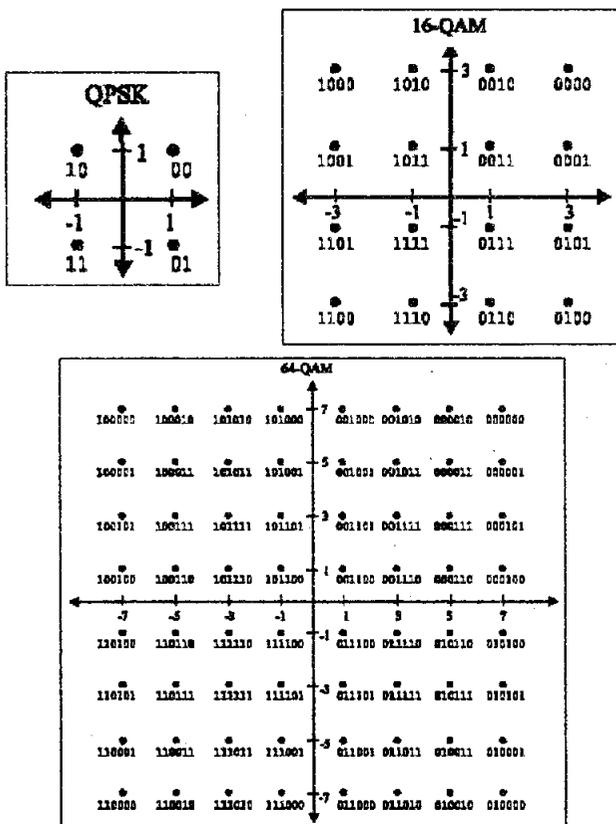


Figura 3-31 Mapeo de QPSK, 16- QAM y 64- QAM uniforme.



3. "Sistemas de HDTV existentes."

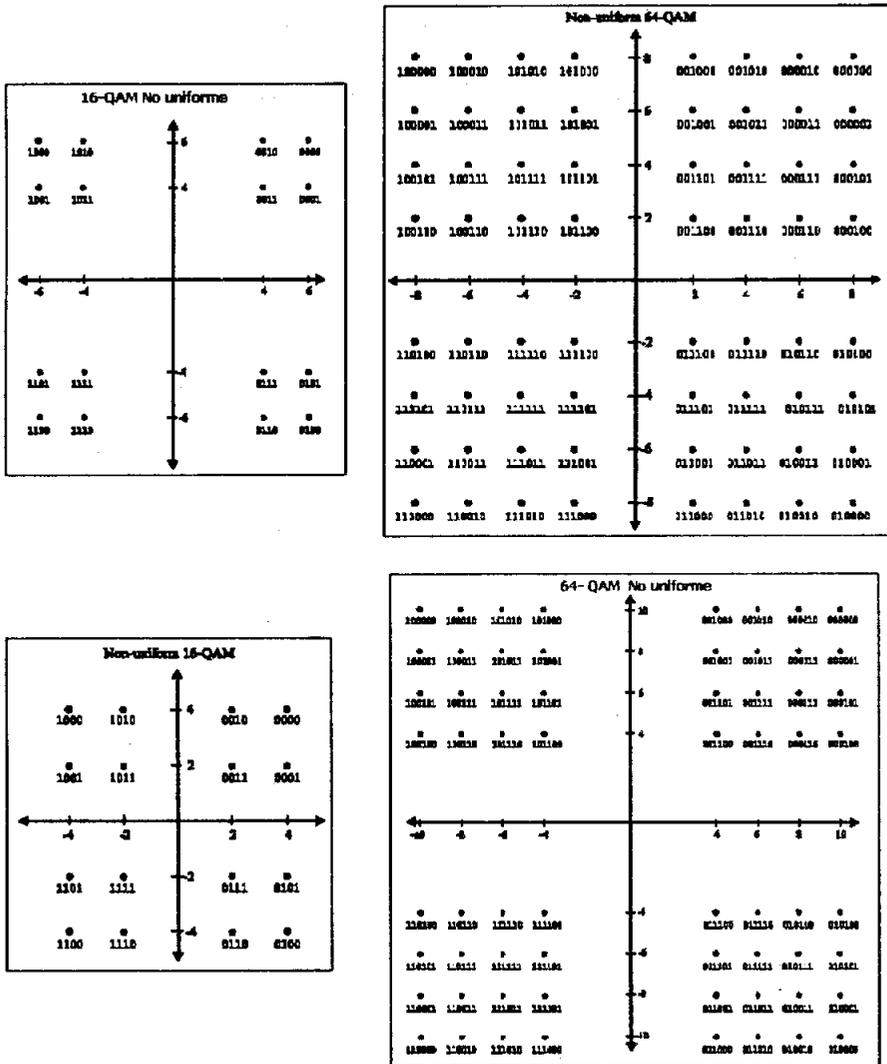


Figura 3-32 Mapeo 16-QAM y 64-QAM no uniformes.



3. "Sistemas de HDTV existentes."

3.4.5 Modulación OFDM.

El principio de la modulación OFDM consiste en distribuir el flujo binario de información entre un gran número de portadoras de forma que cada una maneje una velocidad de datos reducida con respecto a la del flujo total. En consecuencia, la duración " T_u " de los símbolos aumenta respecto al caso de modular una sola portadora, haciendo de esta forma a la señal muy robusta frente a interferencias por trayectos múltiples (ecos), ya que el retardo de éstos resulta ser muy pequeño comparado con la duración citada.

Por otra parte, la separación de frecuencia entre las portadoras se hace igual al inverso de la duración " T_u " de los símbolos, con lo que la posición de las portadoras en el espectro de frecuencias coincide con los nulos del espectro de las portadoras adyacentes (condición de portadoras ortogonales). En estas condiciones se consigue mínima interferencia intersímbolos.

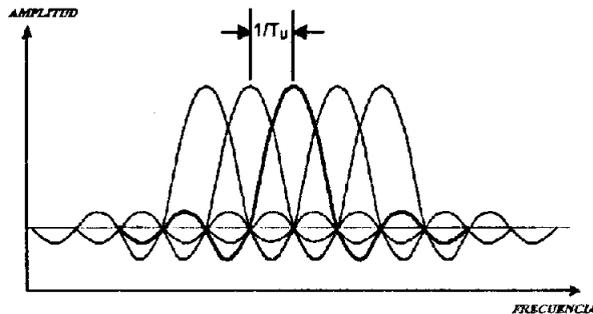


Figura 3-33 Diagrama de la señal OFDM.

Para fortalecer todavía más la señal transmitida frente a los ecos, se amplía la duración de los símbolos añadiendo un tiempo " Δ " denominado "intervalo de guarda" a la duración útil " T_u " con lo que la duración total del símbolo es:

$$T_s = \Delta + T_u$$

El intervalo de guarda es una continuación cíclica de la parte útil del símbolo, el cual se inserta delante de él. En estas condiciones, si la señal se recibe por 2 caminos diferentes con un retardo relativo entre ellas, siempre que este retardo no supere el intervalo de guarda, coincidirá en las dos la información contenida dentro del tiempo útil del símbolo de la señal principal.

Como los receptores ignoran la señal recibida durante el intervalo de guarda de la señal principal, el resultado es que no habrá interferencia intersímbolos. Sin embargo, la inserción de este intervalo de guarda supone una pérdida en la capacidad de transmisión del canal.

A) Capacidad del Canal de Transmisión.

El estándar 2k tiene 1,705 portadoras totales en cada símbolo OFDM mientras que el estándar 8k tiene 6,817 portadoras. No todas las portadoras están moduladas por los datos procedentes de la "Codificación



3. "Sistemas de HDTV existentes."

de Canal". Como se ha indicado al describir el "mapeado" de los símbolos, sólo 1,512 portadoras en modo 2k ó 6,048 portadoras en modo 8k son útiles para datos.

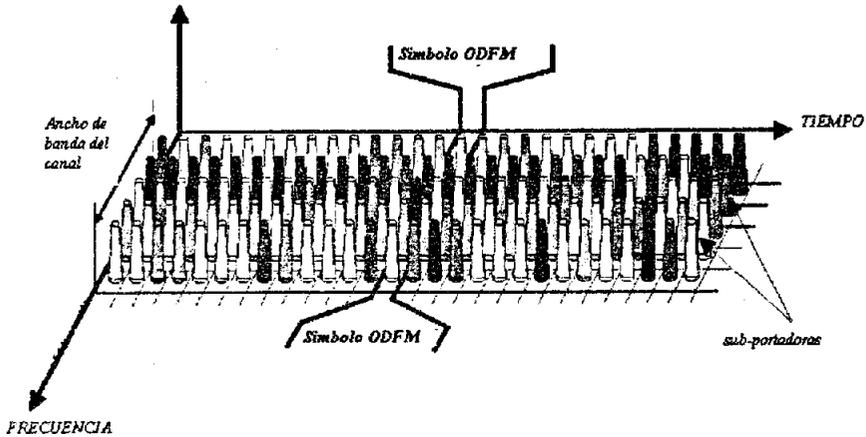


Figura 3-34 Portadoras múltiples de la modulación ODFM.

Llamando "Fr" al flujo binario total transportado por las portadoras útiles para datos, éste está dado por:

$$Fr = fs * v * L \text{ (bits/seg) Siendo}$$

- fs: Frecuencia de los símbolos (símbolos/seg) $fs = 1/Ts$
- ts: Duración del símbolo.
- v: n° de bits/portadora (función del esquema de modulación).
- L: n° de portadoras activas para datos.

La capacidad del canal o flujo binario útil "Fu" resultará de descontar del flujo binario total las redundancias incluidas en la codificación interna y en la codificación Reed-Solomon; es decir:

$$Fu = FT * r * 188/204 \text{ (bits/seg) Siendo}$$

Flujo Binario Total: $FT = 32,4 \text{ Mbps}$

* Relación de codificación $r = 2/3$

Capacidad del Canal: $Fu = 32,4 * 2/3 * 188/204 = 19,90588 \text{ Mbps}$

B) Relación de codificación interna.

A modo de ejemplo, en el caso de transmisión en modo 8k, relación de codificación 2/3, intervalo de guarda 1/4 y constelación 64QAM, para canales de 8MHz, se tendrá:



3. "Sistemas de HDTV existentes."

* Duración del símbolo	$t_s = \Delta + T_u = 1.120 \mu s$
* Frecuencia de los símbolos	$f_s = 1/T_s = 892,857 \text{ símbolos/seg}$
* N° de bits/portadora	$v = 6$
* N° de portadoras activas	$L = 6.048$

3.4.6.-Estructura OFDM.

La señal transmitida es organizada en bloque. Cada bloque tiene una duración de T_F , y consiste en 68 símbolos OFDM. Cuatro bloques constituyen un macro-bloque. Cada símbolo es constituido por un juego de $K = 6,817$ portadores en el modo 8k y $K = 1,705$ portadores en el modo 2k y se transmiten con una duración T_S . Está compuesto por las siguientes partes: una parte útil con duración T_U y un intervalo de guardia, el intervalo de guardia consiste en una continuación cíclica de la parte útil T_U , y se inserta antes de él. Cuatro valores de guarda pueden usarse en intervalos donde los valores diferentes están en múltiplos del periodo elemental $T = 7/64$ microsegundos.

$K = 1,705$ elementos (portadoras totales) en el modo 2k

$K = 6,817$ elementos (portadoras totales) en el modo 8k

Los símbolos en un OFDM se numeran de 0 a 67. Todos los símbolos contienen datos e información de referencia. Puesto que la señal de OFDM comprende muchas portadoras que se modularon separadamente, cada símbolo puede ser considerado para ser divididos en las celdas, correspondiendo a la modulación llevar cada uno en un portador durante un símbolo. Sin embargo, como se ha indicado anteriormente, los datos procedentes de la "Codificación de Canal" modulan solamente 1,512 portadoras en modo 2k ó 6,048 portadoras en modo 8k, que son las portadoras activas para datos contenidas en cada símbolo OFDM.

Además de los datos transmitidos un bloque de OFDM contiene:

- Células piloto esparcidas;
- Portadores piloto continuas;
- Los portadores TPS.

Los pilotos pueden usarse para la sincronización del bloque, frecuencia de sincronización, sincronización de tiempo, estimación del canal, identificación del modo de transmisión y también puede usarse para seguir el ruido de fase.

Esto significa que, además de las portadoras para datos, la señal transmitida incluye otras portadoras o "celdas" cuya utilidad es la siguiente:

- Portadoras Piloto Continuas "Continual Pilots", para sincronización del receptor en frecuencia y fase.
- Portadoras Piloto Dispersas "Scattered Pilots", para regeneración del canal en amplitud y fase en el receptor.
- Portadoras TPS "Transmission Parameter Signalling" con información del modo transmitido.

La incorporación de estas portadoras piloto en número y distribución adecuados exige organizar la señal transmitida en "Tramas".



3. "Sistemas de HDTV existentes."

- Cada trama, con duración "Tp", consiste en 68 símbolos OFDM, que se numeran de 0 a 67. En consecuencia: $t_f = 68 t_s$.
- Una "Super-Trama" está formada por 4 Tramas tanto en modo 2k como 8k.
- En cambio, una "Mega-Trama" está formada por:
 - 32 Tramas en el estándar 2k
 - 8 Tramas en el estándar 8k

Parámetros	Modo 2K	Modo 8K
Número de portadores k	6,817	1,705
Número del portadoras Kmin	0	0
Número del portadoras Kmax	6,817	1,705
Duración TU	896 μ seg	224 μ seg
Espacio entre portadora 1/TU	1116 Hz	4464 Hz
Espacio entre portadoras Kmin y Kmax	7.64 Mhz	7.61 Mhz
	Nota: 6.66 MHz en el caso de canales de 7 MHz de ancho.	

Tabla 3-9 Estructura de señales OFDM.

A) Señales de referencia.

Se modulan varias células dentro del bloque de OFDM con información de referencia cuyo valor se transmite para que se conozca en el receptor. Las células que contienen información de referencia se transmiten "empujando" la información. Las células se esparcen dentro de la información o se consideran células piloto continuo.

Cada piloto continuo coincide con un piloto esparcido cada 4 símbolos; el número de portadores de los datos útiles es constante de símbolo a símbolo: 1,512 portadores útiles en modo 2k y 6,048 portadores útiles en modo 8k. El valor de los pilotos esparcidos o continuos se deriva de un PRBS (Sucesión Binaria Pseudo Aleatoria) que es una serie de valores, uno para cada uno de los portadores transmitidos.

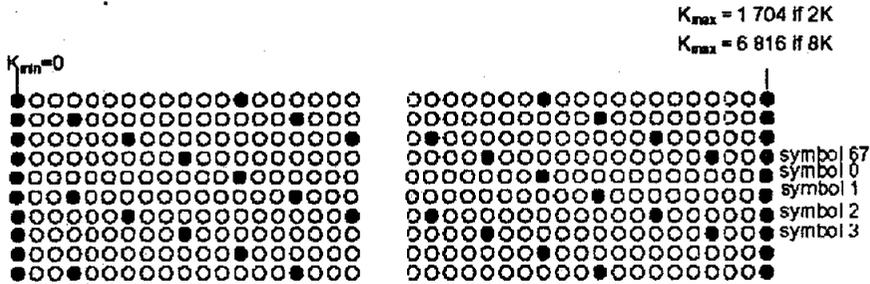
B) Definición de sucesión de la referencia.

Se modulan pilotos según una sucesión de PRBS de forma constante, wk, correspondiendo a su índice de portador respectivo k. Esta sucesión también gobierna la fase de arranque de la información de TPS.

La sucesión de PRBS se genera según la figura 3-35; el PRBS se inicializa para que el primer bit del PRBS coincida con el primer portador activo. El nuevo valor es generado por el PRBS en cada portador usado (si es o no piloto).



3. "Sistemas de HDTV existentes."



Los TSP y los pilotos continuos no estan indicados

- Pilotos de empuje
- Datos

Figura 3-35 Inserción de células piloto

C) Localización de células piloto esparcidas.

Se transmite información de la referencia tomada de la sucesión de bits, esta información es denominada células piloto esparcidas. Las células del piloto esparcidas siempre se transmiten para "dirigir" los datos. Se considera el índice del bloque del segmento, la frecuencia de los portadores y el tiempo de duración de los símbolos para colocar las células. Donde m es el índice del bloque, k es que el índice de frecuencia de los portadores y l es el índice de tiempo de los símbolos. Para el símbolo de índice l (yendo de 0 a 67), Donde p es un entero que toma todo los posibles valores, con tal de que el valor resultante para k no exceda el rango válido [$K_{min}; K_{max}$] los valores que exceden se toman a cero.

D) Situación de portadores piloto continuos.

Además de los pilotos esparcidos descritos anteriormente, son agregados 177 pilotos continuos en el modo 8k y 45 en el modo 2k. La tabla 3-10 ilustra la estructura en tramas de la señal OFDM, donde puede verse la distribución de las portadoras piloto dispersas, continuas y TPS, cuyo número es el siguiente:

	Modo 2k	Modo 8k	
Continuas	45	177	
Dispersas	131	524	
TPS	17	68	
Portadoras de datos	1.512	6.048	
TOTAL	1.705	6.817	Portadoras

Tabla 3-10 Portadoras en una trama OFDM.



3. "Sistemas de HDTV existentes."

E) Transmisión de parámetros de señalización (TPS).

Los portadores de TPS se usan con el propósito de señalar parámetros relacionados al esquema de la transmisión, para codificar el canal y la modulación. El TPS se transmite en paralelo en 17 portadores de TPS para el modo 2k y en 68 portadores para el modo 8k. Cada portador de TPS en el mismo símbolo lleva el mismo bit de información codificada diferencialmente.

Los portadores de TPS llevan información de:

- La modulación incluso el valor modelo de la constelación QAM.
- La información de la jerarquía.
- El intervalo del guardia (no para la adquisición inicial pero por apoyar la respuesta inicial del receptor en caso de re-configuración).
- Las proporciones del código internas.
- El modo de la transmisión (2k o 8k, no para la adquisición inicial pero por apoyar la respuesta inicial del receptor en caso de re-configuración).
- El número de bloques en un macro-bloque.

* Nota: El valor de la modulación esta basada en el espaciado de un QAM de constelación generalizada. Permite la especificación de modulación uniforme y modulación no-uniforme que cubre QPSK, 16-QAM, y 64-QAM.

F) Alcance del TPS.

El TPS se define con más de 68 símbolos consecutivos de OFDM, llamado una trama de OFDM, cuatro tramas consecutivas corresponden a una macro-trama de OFDM. La secuencia de referencia correspondiente a los portadores de los TPS son el primer símbolo de la trama de cada OFDM, estos son usados para que la modulación del TSP inicialice en cada portador. Cada símbolo de OFDM lleva un bit de TPS. Cada bloque TPS (correspondiente a una trama OFDM) contiene 68 bits distribuidos de la siguiente manera:

- 1 bit de inicialización;
- 16 bits de sincronización;
- 37 bits de información;
- 14 bits de redundancia para protección del error.

De los 37 bits de información, se usan 23 en la actualidad. El seguir teniendo 14 bits reservados es para su uso en el futuro, y deben ponerse a cero.

3.4.7.-Formato de Transmisión.

La información de los parámetros de transmisión son los que se muestran en la tabla 3-11. El mapeo, las características de la constelación, codificación, el indicador del macro bloque y de los intervalos de guarda son ajustadas de acuerdo a las subclases correspondientes.



3. "Sistemas de HDTV existentes."

Numero de bit	Formato	Propósito/contenido
S0	0	Inicialización
S1-s16	0011010111101110 o 1100101000010001	Cadena de sincronización
S17-s22	010 111	indicador de longitud
S23-s24	00 -11	Numero de bloques
S25-s26	00 -11	Constelación
S27,s28,s29	000 - 111	Información de jerarquía
S30,s31,s32	000 - 111	Código proporcional, canal HP
S33,s34,s35		Código proporcional, canal LP
S36,s37	00 - 11	Intervalo de guarda
S38,s39	00 - 11	Modo de transmisión
S40-s53s	Juego de bits a 0	Reservados para uso futuro

Tabla 3-11 Formato de transmisión.

A) Inicialización.

El primer bit, S0, es un bit de inicialización para la modulación diferencial 2-PSK. La modulación del bit de inicialización del TPS se deriva de la sucesión de PRBS.

B) Sincronización.

Los bits 1 al 16 del TPS son una cadena de sincronización. Los primeros y terceros bloques TPS de cada macro-bloque tienen la palabra de la sincronización siguiente:

$$s1 - s16 = 0011010111101110.$$

El segundo y cuarto bloque TPS tienen la cadena de sincronización siguiente:

$$s1 - s16 = 1100101000010001.$$

C) Indicador de longitud TPS.

Se usan los primeros 6 bits de la información de TPS como un indicador de longitud TPS (cuenta binaria) para señalar el número de bits usados del TPS. Este indicador de longitud tiene el valor s17 - s22 = 010111 actualmente.

D) Número de bloques.

Cuatro bloques constituyen un macro-bloque. Se numeran los bloques dentro del macro-bloque de 0 a 3 según la tabla:

Bits s23,s24 número del Marco	
00	bloque número 1 en el macrobloque
01	bloque número 2 en el macrobloque
10	bloque número 3 en el macrobloque
11	Bloque número 4 en el macrobloque

Tabla3-12 Número de bloques.



3. "Sistemas de HDTV existentes."

E) Constelación.

La constelación será señalada por 2 bits. Para determinar el esquema de la modulación el receptor también descifrará la información de la jerarquía de los bits de jerarquía.

Bits s25, s26	
Características de la Constelación	
00	QPSK
01	16-QAM
10	64-QAM
11	Reservado

Tabla 3-13. Constelación.

F) Información de la jerarquía.

Especifica la información de la jerarquía, si la transmisión es jerárquica se especifica el valor de esta para cada capa y así los diagramas de la constelación QAM son tomados de acuerdo a su jerarquía.

Bits s27, s28, s29	
000	no jerárquico
001	$\alpha=1$
010	$\alpha=2$
011	$\alpha=4$
100	reservado
101	reservado
110	Reservado
111	reservado

Tabla 3-14. Indicadores de jerarquía.

G) Tasa de codificación .

La codificación y modulación de un canal no-jerárquico requieren una señalización de la proporción del código utilizado. En este caso, se especifica esta proporción según la tasa de codificación con tres bits de valor 000. Pueden aplicarse dos diferentes codificaciones a dos niveles diferentes de modulación con el objetivo de lograr jerarquía. La Transmisión entonces tendrá las salidas con proporción de código para el nivel de modulación alto (HP) y uno para el nivel inferior bajo extremo (LP). bits

S30, s31, s32 (Flujo de HP)	Proporción del código
S33, s34, s35 (Flujo de LP)	
000	$\frac{1}{2}$
001	$\frac{2}{3}$
010	$\frac{3}{4}$
011	$\frac{5}{6}$
100	$\frac{7}{8}$
101	Reservado
110	Reservado
111	reservado

Tabla 3-15 Tasa de codificación.



3. "Sistemas de HDTV existentes."

H) Intervalos de guarda.

El valor del intervalo del guarda se señala de la siguiente forma:

Bits s36, s37 valores de intervalo de Guardia (Δ / TU)

00	01	10	11
1/32	1/16	1/8	1/4

Tabla 3-16

I) Modo de transmisión.

Se usan dos bits para señalar el modo de la transmisión (modo 2k o modo 8k). bits s38 y s39.

00	01	10	11
2k modo	8k modo	reservado	reservado

Tabla 3-17

J) Protección de error de TPS.

Los 53 bits que contienen la sincronización de TPS y la información (bits s1 - s53) está extendido con 14 bits de paridad del BCH (67,53, $t = 2$) código corto, derivado del sistema BCH de código original (127,113, $t = 2$).

3.4.8.-Características del espectro.

Los símbolos de OFDM constituyen una yuxtaposición de portadores del ortogonales igualmente espaciados. Las amplitudes y las fases de los portadores de los datos varían de un símbolo a otro según el proceso de mapeado. El nivel global de la densidad espectral de los portadores de célula de datos modulados es la suma del nivel espectral de densidades de todos estos portadores. En una transmisión de DVB teórica el espectro de la señal OFDM tiene una duración más grande respecto al inverso del espaciado de portadoras, el lóbulo principal del nivel de densidad espectral de cada portador es dos veces mas estrecho que la separación entre portadoras. Por consiguiente la densidad espectral no es constante dentro del ancho de banda nominal que es de 7.608258 MHz para el modo 8k o 7.611607 MHz para el modo 2k.

El paso de la señal ODFM a través del amplificador de potencia del transmisor, que es un dispositivo con un grado de distorsión de tipo no lineal, genera productos de intermodulación, los cuales, además de degradación intrínseca de la señal ODFM, extienden la densidad espectral en el espectro radiado, dando lugar a lo que se conoce como hombreras.

Estas hombreras dependerán de la linealidad de los amplificadores de potencia y pueden perturbar canales adyacentes al transmitido, considerando el superior e inferior inmediato.



3. "Sistemas de HDTV existentes."

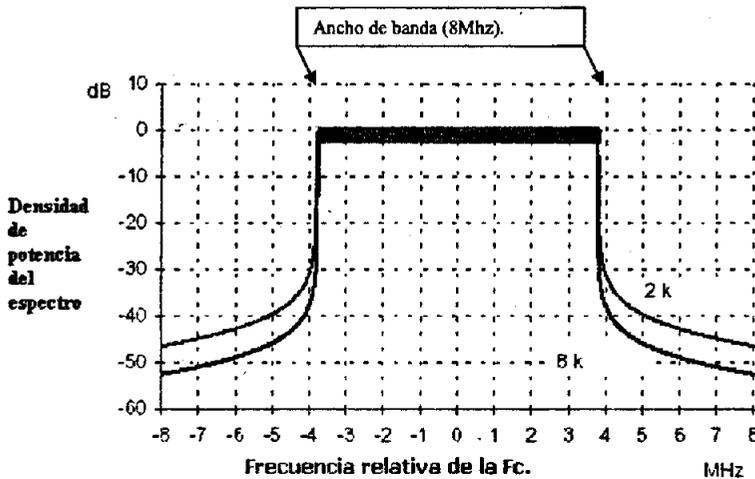


Figura 3-36 Espectro de la señal DVB

3.4.9.-Máscara espectral

Normalmente la señal radiada por los transmisores se procesa de forma que las hombreras queden reducidas a un nivel mínimo. Las técnicas para conseguirlo suelen consistir en la utilización de amplificadores de potencia razonablemente lineales, y en la aplicación de pre-correcciones analógicas o digitales a la señal OFDM para compensar las distorsiones de los pasos de potencia. Sin embargo, los resultados obtenidos con estos métodos sólo consiguen valores de hombreras comprendidos entre 35 y 40 dB por debajo del nivel nominal de la señal dentro de banda, lo que resulta insuficiente para que los canales adyacentes no resulten afectados.

Es necesario por lo tanto emplear filtros en la salida de los transmisores cuya curva de respuesta reduzca a valores suficientemente bajos el nivel de componentes del espectro de la señal situadas, fuera de la banda nominal asignada. El espectro resultante de la señal con sus hombreras seguida del filtrado descrito deberá cumplir con un perfil que se especifica mediante una "máscara". El valor aproximado para los puntos más conflictivos son los situados a ± 4.2 MHz respecto a la frecuencia central, en el caso de máscara estándar o no crítica, aplicable en el caso de canales adyacentes de TV analógica.

3.4.10.-Red de frecuencia única

En una red SFN de una sola frecuencia los transmisores emiten señales idénticas, varias de las cuales pueden ser recibidas con más o menos retraso por los receptores individuales. Los receptores deben tratar las múltiples señales recibidas como ecos unas de otras y para este fin extraer los datos que se están transmitiendo a pesar de la potencial interferencia de los transmisores alternativos dentro de la red SFN.

Opciones de transmisión :Es posible utilizar diversos tipos de arquitecturas de sistema para transmitir televisión digital. El sistema clásico es una torre elevada con un transmisor de alto poder que cubre un área de gran tamaño, Otro método básico es el uso de una gran variedad de torres más pequeñas con



3. "Sistemas de HDTV existentes."

transmisores de menor potencia que cubren áreas más pequeñas, método que corresponde a la red de una sola frecuencia. Si bien por diversos motivos técnicamente no es igual a un sistema de comunicación celular, las áreas que cubren los transmisores en un sistema de este tipo suelen denominarse "celdas". Las redes SFN pueden diseñarse utilizando unas pocas celdas que cubren áreas relativamente extensas —el denominado sistema de "celdas grandes"— o pueden diseñarse con muchas celdas que cubren áreas relativamente pequeñas —el sistema de "celdas pequeñas". Los diseños de la red pueden optimizarse recurriendo a una o más de las siguientes medidas:

- Ubicar las áreas de interferencia dentro de la red en localidades poco pobladas
- Usar blindaje de terreno cuando sea posible
- Utilizar antenas transmisoras direccionales
- Ajustar la temporización de emisión de la red

La transmisión distribuida, o diversidad de transmisores, es diferente a cualquier método que se haya utilizado en difusión en el pasado, como los conversores e impulsores (conversores en canal) para extender las áreas de servicio o cubrir las áreas de sombra (sin cobertura) de las estaciones de difusión de alto poder convencionales. Tales técnicas han sido aplicadas tanto a la difusión de televisión como de radio FM. Los niveles de potencia de los conversores y los impulsores generalmente han sido bajos y el servicio que brindan ha sido calificado como de segunda clase.

En la transmisión distribuida (DTx), se busca recurrir a una gran variedad de transmisores para cubrir un área de servicio sin que necesariamente se requiera incluir una estación de alto poder convencional, si bien una o más estaciones pueden formar parte de la red de transmisores. La transmisión DTx permite que los niveles de señal en todo un área de servicio sean más altos de lo que serían en el caso de provenir de un solo transmisor y también permite un mejor control de las interferencias hacia las estaciones adyacentes.

El uso de un canal de distribución separado para alimentar a cada transmisor es un factor inherente a la transmisión distribuida. Este canal puede ser un enlace convencional estudio-transmisor (STL) para transmisores distribuidos o, en el caso de los conversores distribuidos, puede ser un canal de difusión distinto de aquel en que operan los transmisores. Esto permite lograr niveles de potencia suficientes para diseños con celdas grandes que serían imposibles con los repetidores en canal. Las señales entregadas a los transmisores son las mismas señales digitales que normalmente se transportan en un enlace STL digital, pero con la adición de una pequeña cantidad de información de sincronización adicional.



3. "Sistemas de HDTV existentes."

3.5.-El estándar Americano.

En los EUA la FCC regula los aspectos técnicos y la utilización del espectro para el servicio de radiodifusión de señales de televisión. La reglamentación de la FCC es más estricta para la radiodifusión terrestre y por satélite, y es menor para la radiodifusión por cable; según la definición de la FCC, el concepto de un sistema ATV abarca todos los progresos en la televisión, desde las simples mejoras del sistema NTSC hasta una TVAD, que implica el doble de resolución horizontal y vertical, imagen en formato 16:9, mejor reproducción de los colores y un sonido de alta calidad con varios canales.

A principios de 1987, una asociación que englobaba a más de 50 radiodifusores de los EUA, solicitó a la FCC que detuviera la asignación de espectro en la banda de UHF, a los servicios de radio móvil. Esta asociación (Maximum Service Telecasters), pidió que se examinarán previamente las repercusiones de la radiodifusión terrena de la TVAD. Se señalaba que los radiodifusores podían necesitar espectro adicional para difundir la TVAD. Además, se afirmaba que las compañías que utilizan cable o satélite podrían distribuir programas de TVAD al público y que los radiodifusores terrestres estarían en desventajas de competir si no pudieran ofrecer la TVAD a sus espectadores.

En julio de 1987, la FCC publicó una "Notice of Inquiry" relativa a los sistemas de Televisión Avanzada (ATV) y su impacto sobre los servicios de televisión existentes. Después de examinar las respuestas de la "Notice of Inquiry", la FCC creó un Comité Asesor sobre Servicios de Televisión Avanzada (ACATS), con una estructura de Subcomités y Grupos de Trabajo, para investigar los diversos aspectos del problema.

A partir de entonces, y aunque no se pensó originalmente así, la política de la FCC evolucionó hacia un proceso de selección para elegir un estándar de transmisión de TVAD propio. Así, en un reporte de agosto de 1990, la FCC estableció una serie de reglas y un calendario de eventos con la finalidad de adoptar un estándar de ATV para mediados de 1993. Las principales reglas de la FCC para autorizar la transmisión de un sistema terrestre de ATV eran:

- Utilizar las bandas de VHF y UHF actualmente en uso para la televisión convencional.
- La señal completa de TVAD no debe ocupar un ancho de banda mayor a un canal convencional de 6 MHz.
- Los receptores NTSC existentes deben recibir, al menos por un período intermedio, todos los programas que sean radiodifundidos por el sistema ATV. Para ello, se debe utilizar una técnica de radiodifusión simultánea ("simulcast").
- La técnica "simulcast" significa que todos los programas que sean radiodifundidos en ATV serán radiodifundidos simultáneamente en formato NTSC en alguno de los canales existentes. De este modo, a quienes se autorice una licencia para transmitir en ATV se les asignará un segundo canal para tal propósito.
- No se requiere que las señales de TVAD del sistema ATV sean compatibles con los receptores existentes, y de hecho, se espera que no lo sean.

Los sistemas debían ser probados en laboratorio y campo, a través de un Centro de Pruebas de Televisión Avanzada (ATTC) y sólo se probarían aquellos sistemas totalmente terminados e implementados en hardware.

El ATTC es un laboratorio privado que se estableció y fundó por la mayoría de elementos de la industria



3. "Sistemas de HDTV existentes."

de televisión de los EUA. A esta iniciativa se unieron posteriormente los Laboratorios de Televisión por Cable (CTL), también de los EUA, y el Laboratorio de Evaluación de Televisión Avanzada (ATEL) de Canadá.

Las pruebas de laboratorio de los sistemas ATV contendientes, comenzaron en 1991 en el ATTC en Alejandría, Virginia y continuaron hasta finales de 1992. Las pruebas de campo fueron llevadas a cabo a principios de 1993 en Charlotte, Carolina del Norte.

Durante 1988-90, se tenían en los EUA más de 20 sistemas propuestos para el estándar de Televisión Avanzada (ATV), sin embargo, a partir de las nuevas reglas adoptadas por la FCC a finales de 1990, se redujo el número de sistemas contendientes. De acuerdo con esta nueva política, quedaron descartados aquellos sistemas que utilizaban un ancho de banda mayor de 6 MHz y aquellos sistemas que eran compatibles con NTSC cuya calidad de imagen no era aceptable.

A partir de 1991, se tenían tan sólo 6 sistemas contendientes. El primer sistema mostrado en la tabla 3-18 pertenece a la categoría de sistemas de televisión mejorada (EDTV) y usa transmisión analógica. El segundo sistema en la tabla (Narrow MUSE) era un sistema de TVAD, pero utilizaba transmisión analógica.

SISTEMA	PROponentES	FORMATO	TRANSMISIÓN
Advanced Compatible Television (ACTV)	Sarnoff Center/ Philips/ Thomson/ NBC	525/59. 94/1:1	Analógica
Narrow MUSE	NHK/ Japan Broadcast Corp.	1125/60/ 2:1	Analógica
DigiCipher	General Instr./ M.I.T.	1050/59. 94/2:1	Digital
-Digital Spectrum Compatible (DSC-HDTV)	Zenith Electronic s/AT&T	787.5/59. 94/1:1	Digital
Simulcast HDTV	Sarnoff Center/ Philips/ Thomson/ NBC	1050/59. 94/2:1	Digital
Channel Compatible (CC-HDTV)	M.I.T./ General Instr.	787.5/59. 94/1:1	Digital

Tabla 3-18 Sistemas propuestos para TVAD a finales de 1990

En cuanto a los sistemas digitales, los cuatro trabajaban bajo un principio de funcionamiento similar, es decir, comprimen la señal de TVAD original de manera digital y la transmitían también digitalmente.

3.5.1.-La HDTV en los EUA.

Por más dos décadas, las compañías electrónicas, las entidades de radiodifusión y las agencias de gobierno habían dedicado sus esfuerzos hacia la obtención e implementación de un estándar de TVAD y se tenían las siguientes predicciones en cuanto al mercado de la TVAD en los EUA:

- Finales de 1993- La FCC selecciona un estándar de transmisión digital de alguno de los 4 sistemas digitales propuestos (ATSC).
- 1994- Los fabricantes de electrónica empezaron a diseñar y construir equipos de producción, televisores y videocaseteras.



3. "Sistemas de HDTV existentes."

- 1995-96 - Comenzaron a aparecer los primeros televisores (a un costo de 3000 dólares o más). Las compañías de cable y los radiodifusores terrestres empiezan a dar servicio con una programación limitada (primero películas y deportes). Los radiodifusores más pequeños podían comenzar un año después.
- 2002-03 -Si el mercado de la TVAD sigue el patrón que presentó la conversión de la televisión blanco y negro a la de colores, los fabricantes de TVAD's podrían vender su aparato número cien millones, lo que representaría el 1% del mercado en los EUA.
- 2008 -Se tendrían 30 millones de aparatos en los EUA, lo que representaría un 25% del mercado. Las ventas acumuladas alcanzarían la cifra de 100 mil millones de dólares.

A) Desarrollo del estándar de la televisión de ATSC.

En 1987, la Comisión federal de las comunicaciones de Estados Unidos estableció a comité consultivo sobre servicio avanzado de la televisión para aconsejar a la FCC en ediciones del orden técnico y público con respecto a la televisión avanzada. El comité consultivo consistió en 25 líderes de la industria de la televisión, con Richard E. Wiley, un presidente anterior de la FC. Inicialmente, 23 diversos sistemas fueron propuestos al comité consultivo. Estos sistemas se extendieron de los sistemas "mejorados" que trabajaron dentro de los parámetros del sistema de NTSC para mejorar la calidad del video; "realizó" los sistemas que agregaron la información adicional a la señal de proporcionar un cuadro mejorado de la ancho-pantalla; y finalmente sistemas de la "televisión de alta definición (HDTV)" que eran totalmente nuevos sistemas con una resolución substancialmente más alta, un cociente de aspecto más amplio del cuadro y el sonido mejorado.

En el medio de este proceso competitivo, un avance tecnológico fundamental ocurrió cuando en mayo de 1990, el instrumento general propuso el primer sistema all-digital de la televisión de alta definición. En el plazo de siete meses, tres sistemas all-digital adicionales de HDTV habían sido propuestos.

Por 1991 el número de las ofertas competentes del sistema había sido reducido a seis, incluyendo los cuatro sistemas all-digital de HDTV. Los métodos de prueba extensos desarrollados del comité consultivo para evaluar el funcionamiento de los sistemas propuestos, y requerido los autores para proporcionar completamente el hardware en ejecución de funcionamiento en tiempo real para la fase de prueba del proceso, de Julio de 1991 a octubre 1992 los seis sistemas fueron probados por tres independientes laboratorios neutrales que trabajaban juntos, con los métodos de prueba detallados prescritos por el comité consultivo. El centro avanzado de pruebas de la televisión, financiado por las industrias de la difusión y de electrónica de consumidor, condujo la prueba de funcionamiento de transmisión y pruebas subjetivas usando los espectadores expertos. Los laboratorios de la televisión por cable, una investigación y el consorcio del desarrollo de operadores de sistema de la televisión por cable, condujeron una serie extensa de pruebas de la transmisión de cable también.

En febrero de 1993, un panel especial del comité consultivo convocó para repasar los resultados del proceso de prueba, y, si era posible, para elegir un nuevo estándar de la transmisión para que la televisión de difusión terrestre fuera recomendada por el comité consultivo a la FCC. Después de una semana de deliberaciones, el panel especial determinó que no habría otra consideración de la tecnología análoga, y que basado sobre el análisis del funcionamiento del sistema de la transmisión, un acercamiento all-digital



3. "Sistemas de HDTV existentes."

era factible y deseable. Aunque todos los sistemas all-digital se realizaron bien, cada uno de ellos tenía unas o más deficiencias que requirieron la mejora adicional.

El panel especial recomendó que autorizaran a los autores de los cuatro sistemas all-digital a poner ciertas modificaciones en ejecución que habían propuesto, y que las pruebas de estas mejoras estuvieran conducidas. El comité consultivo adoptó esta recomendación del panel especial, pero también expresó su buena voluntad de entretener una oferta de los autores restantes para un solo sistema que incorporó los mejores elementos de los cuatro sistemas all-digital.

B) La Alianza Magnífica.

En respuesta a esta invitación, en mayo de 1993, los autores de los cuatro sistemas all-digital formaron la alianza magnífica de Digital HDTV. Los miembros de la alianza magnífica eran AT&T (ahora tecnologías de Lucent), General Instrument, Philips norteamericano, Instituto de Tecnología de Massachusetts, electrónica de consumidor de Thomson, el centro de investigación de David Sarnoff (ahora Sarnoff Corporation) y Zenith Electronics Corporation. Después de una revisión cuidadosa de la oferta de la alianza magnífica, el comité consultivo pidió un número de cambios importantes, y las compañías de la alianza procedieron a construir un sistema final del prototipo basado en las especificaciones aprobadas por el comité consultivo.

El prototipo del sistema fue construido en una manera modular en las varias localizaciones. El codificador video fue construido por AT&T e Instrument General, el decodificador de video por Philips, el subsistema audio de varios canales por Dolby Laboratories, el sistema del transporte por Thomson y Sarnoff, y el subsistema de la transmisión por Zenith. El sistema completo fue integrado en Sarnoff. La prueba del sistema magnífico completo de la alianza comenzó en abril de 1995 y fue terminada en agosto de ese año. La prueba del comité consultivo del sistema magnífico de la alianza era similar a esa conducida para los cuatro sistemas all-digital individuales, sin embargo, las pruebas adicionales fueron conducidas a evaluar completamente el sistema propuesto. Estas nuevas pruebas incluidas ajustaron el formato de conversiones entre el modo progresivo y entrelazado (las direcciones) y conformidad con la sintaxis del video de compresión MPEG-2. Las pruebas de audio subjetivas y la visión de la forma larga de la programación de video también fueron conducidas. Un segundo sistema de pruebas en el terreno fue conducido en Charlotte, Carolina del Norte, utilizando el sistema completo de la alianza. (el subsistema de la transmisión de VSB había sido probado solamente en Charlotte en 1994.)

ATSC se formó en 1982 por miembros de las organizaciones de la Asociación de Industrias Electrónica (EIA), el Instituto de Ingenieros Eléctricos y Electrónicos (IEEE), la Asociación Nacional de Programadoras (PRENDA), la Asociación de Televisión de Cable Nacional (NCTA), y la Sociedad de diseño de películas y Televisión (SMPTE). Las Normas de la Televisión Digital incluyen televisión digital de definición alta (HDTV), televisión de definición estándar (SDTV), transmisión de datos, multicanal de audio surround, y radiodifusión satelital directa al hogar. Se convirtió en una organización vital importante en este proceso histórico. Trabajando de cerca con el comité consultivo a través del proceso de ESTADOS UNIDOS DTV, el ATSC era responsable de desarrollar y de documentar las especificaciones detalladas para el estándar de ATV basado en el sistema de la alianza. Además, el ATSC desarrolló el consenso de la industria alrededor de varios formatos de la televisión de la definición estándar (SDTV) que fueron agregados al sistema de la alianza HDTV para formar un estándar digital completo de la televisión. Entre otras cosas, estos formatos de video de SDTV prevén interoperabilidad de estándares existentes de la televisión y apoyan la convergencia de la televisión y de dispositivos de computadoras.



3. "Sistemas de HDTV existentes."

La terminación de su trabajo para documentar el estándar de ESTADOS UNIDOS ATV, dio como resultado que el ATSC aprobara como estándar de la televisión el denominado ATSC Digital (A/53) el 16 de septiembre de 1995. El 28 de noviembre de 1995 el comité consultivo de la FCC publicó su informe final, proporcionando las conclusiones siguientes:

- El sistema magnífico de la alianza resuelve los objetivos del funcionamiento del comité y es mejor que cualesquiera de los cuatro sistemas digitales originales de ATV
- El sistema magnífico de la alianza es superior a cualquier sistema alternativo sabido
- El estándar de la televisión de ATSC Digital satisface todos los requisitos para el estándar que difunde de ESTADOS UNIDOS ATV

Por consiguiente, el comité consultivo de la FCC recomendó que el estándar de ATSC DTV fuera adoptado para la televisión terrestre digital difundida en los EUA.

Después de recibir la recomendación consultiva de Comité # 146, la FCC lanzó un aviso de la regla propuesta que hacía la anunciación de su intención de adoptar el estándar de ATSC. El aviso decía:

"Creemos que el estándar de ATSC DTV incorpora la mejor tecnología digital de la televisión del mundo y promete permitir mejoras llamativas a los cuadros y al sonido de la televisión de hoy; para permitir la disposición de servicios y de programas adicionales; permitir la integración de las mejoras substanciales futuras mientras que mantiene compatibilidad con los receptores iniciales; y permitir interoperabilidad con las computadoras y equipamientos digitales asociados a la iniciativa nacional de información. Fue desarrollada y probada con la cooperación de los expertos de la industria... "

C) Estándar de HDTV adoptado por la FCC.

El día 24 de diciembre de 1996, la FCC de ESTADOS UNIDOS adoptó los elementos principales del estándar de la televisión de ATSC Digital (DTV), asignando su uso por mandato para la televisión terrestre digital de difusión en los EUA. (La FCC no asignó el uso por mandato de los formatos de video específicos de HDTV y de SDTV contenidos en el estándar de ATSC, pero éstos han sido adoptados uniformemente sobre una base voluntaria por los locutores y los fabricantes del receptor).

En 1997 la FCC determina al gobierno asignar los canales adicionales de 6 megaciclos a aproximadamente 1.600 locutores en los ESTADOS UNIDOS para permitir que ofrezcan difusiones terrestres digitales en paralelo a sus servicios análogos existentes durante un período de transición mientras que los consumidores hicieron la conversión a los receptores digitales o a las cajas conversión. La FCC también adoptó una serie de reglas que gobernaban la transición a la televisión digital, incluyendo un horario algo agresivo para la transición. Bajo horario de FCC#146;s, las estaciones en las ciudades más grandes de ESTADOS UNIDOS serían requeridas para ir en el aire primero con servicios digitales, mientras que las estaciones en ciudades más pequeñas harían la transición más adelante.

Bajo plan de FCC, más de la mitad de la población de ESTADOS UNIDOS tendrían acceso a las señales terrestres de la difusión DTV dentro del primer año, todas las estaciones comerciales tendrían que estar en el aire en el plazo de cinco años, y todas las estaciones del público TV tendrían que estar en el aire en el plazo de seis años. Las difusiones análogas cesarían después de nueve años, si se asume que el público había abrazado la TV digital en números adecuados para ese punto. La parte de la motivación de FCC's en



3. "Sistemas de HDTV existentes."

el mandato de un despliegue por mandato rápido de la TV digital era acelerar el día en que podría recobrar 108 megaciclos del espectro a nivel nacional inestimable que serían liberados para arriba por el uso de una tecnología digital y una distribución del espectro mas eficiente.

De acuerdo con el plan de la FCC, el servicio digital de la televisión fue lanzado en los ESTADOS UNIDOS en noviembre 1 de 1998, y más de 50 por ciento de la población de ESTADOS UNIDOS tenían acceso a las señales terrestres de DTV en el plazo de un año. Para el 1 de enero de 2003, había más de 750 estaciones de DTV en el aire en los EUA .El estándar de ATSC DTV fue sometido al grupo de tarea 11/3 del ITU-R, y fue incluido como sistema A en las recomendaciones BT.1300 y BT.1306 de ITU. Cuando el estándar de ATSC DTV fue adoptado por el ATSC en 1995, el ATSC era terminantemente una organización de Estados Unidos con aproximadamente 50 miembros, aunque las organizaciones mexicanas y canadienses desempeñaron un papel significativo a través del proceso entero del comité consultivo en desarrollar lo que se esperaba fuera un estándar para toda Norteamérica, por lo menos. En enero 1996 el ATSC modificó su carta para convertirse en una organización internacional, y el ATSC comenzó a trabajar con una variedad de países alrededor del mundo para explorar la posibilidad de usar el estándar de ATSC para sus servicios de DTV. Desde ese tiempo, el estándar de ATSC DTV ha sido adoptado por los gobiernos de Canadá (de noviembre el 8 de 1997), de Corea del sur (de noviembre el 21 de 1997), de Taiwán (de mayo el 8 de 1998), y de la Argentina (de octubre el 22 de 1998), y muchos otros países ahora están considerando el estándar de ATSC para su uso. Hoy, el ATSC tiene aproximadamente 170 miembros de una variedad de países en Norteamérica, Suramérica, Europa, Asia y Australia.

D) Trabajo del ATSC.

Desde que el estándar primario de ATSC DTV fue adoptado en 1995, el ATSC ha conducido un programa siempre mayor y más variado para desarrollar DTV suplemental y estándares DTV-relacionados, para tratar las ediciones importantes de la puesta en práctica que se han presentado en los países que han adoptado el estándar de ATSC DTV. Los toques de luz de este trabajo incluyen un estándar para el protocolo de la información del programa y del sistema (PSIP), un estándar condicional del acceso al permiso restringido o a los servicios de paga, un estándar de difusión de datos, un estándar para que los protocolos de vuelta del canal apoyen servicios interactivos, un ambiente de software estandarizado para los receptores digitales (DASE), los estándares para los servicios basados en los satélites de la contribución y de distribución así como servicios basados en los satélites directos al hogar. Los miembros de ATSC de la industria del ordenador han desempeñado un papel central en conducir mucho de este trabajo, ayudando a asegurarse de que la gama completa de los servicios informativos potenciales se puede alcanzar usando tecnología digital de televisión.

Específicamente, ATSC está trabajando para coordinar normas de la televisión entre diferentes medios de comunicaciones que se enfocan en la televisión digital, sistemas interactivos, y comunicaciones multimedia de banda ancha.

E) Organización para documentar la Norma de Televisión Digital.

El ATSC asignó el trabajo de documentar las normas de sistema de televisión avanzadas a grupos especialistas, dividiendo el trabajo en cinco áreas de interés:

- Video, incluyendo la entrada, el formato y la codificación de la fuente.
- Audio, incluyendo la entrada, el formato y la codificación de la fuente.



3. "Sistemas de HDTV existentes."

- Transporte, incluyendo la multiplexión de los datos y la codificación del canal.
- RF/Transmisión, incluyendo el subsistema de modulación.
- Receptor, incluyendo sus características.

3.5.2.-Norma ATSC.

A) Apreciación global del sistema.

La Norma de la Televisión Digital describe un sistema diseñado para transmitir video de alta calidad, audio y datos auxiliares en un canal de 6 MHz. El sistema puede entregar de manera fiable aproximadamente 19 Mbps de datos en un canal de 6 MHz de radiodifusión terrestre y sobre 38 Mbps de datos en un canal de 6 MHz de cable de televisión. Esto significa que la codificación de la fuente de video tiene una resolución que puede ser tan alta como cinco veces la de televisión convencional (NTSC) la resolución requiere una reducción de bit por un factor de 50 o más alto. Para lograr esta reducción de la proporción de bits, el sistema se diseña para ser eficaz utilizando la capacidad del canal disponible aprovechándose de compresión de video y tecnología de condensación de audio.

El objetivo es aumentar al máximo la información que pasa por el canal, minimizando la cantidad de datos exigida para representar la sucesión de la imagen de video y su audio asociado. El objetivo es representar el video, audio, y fuentes de datos con pocos bits como sea posible pero conservando el nivel de calidad requerido para la aplicación.

Aunque los subsistemas de transmisión se describen con base en el diseño específicamente para terrestre y aplicaciones de cable, el objetivo es que el video, audio, y los subsistemas de multiplexión y transporte de servicio sean útiles en otras aplicaciones.

B) Diagrama de Bloques de sistema.

El sistema de televisión digital se puede dividir en tres subsistemas básicos:

- Fuente de codificación y compresión.
- Multiplexión y transporte.
- Transmisión de RF.

Fuente de compresión y codificación: se refiere a los métodos de reducción de bits, también conocidos como compresión de los datos, destinados para la aplicación de video, audio, y los flujos de datos digitales auxiliares.

El término "datos auxiliares" incluye datos de control de accesos condicionales, y datos asociado con los audios del programa y servicios de video, como captura cerrada (CC). También puede referirse a los servicios del programa independientes. El propósito del codificador es minimizar el número de bits necesarios para representar el audio y la información de video. El sistema de la televisión digital emplea la MPEG-2 para codificar el video y la Condensación de Audio Digital (AC-3) como Norma para el codificador de audio.



3. "Sistemas de HDTV existentes."

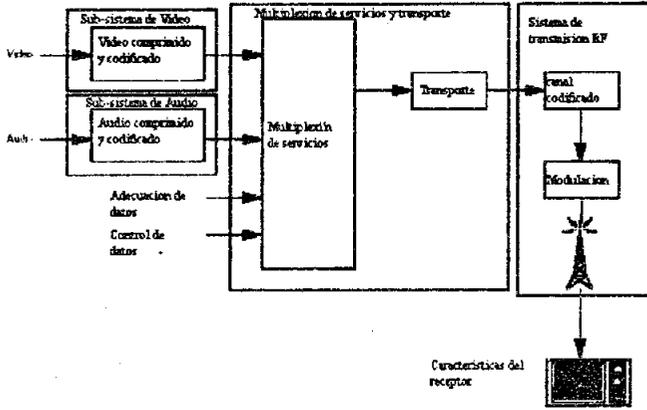


Figura 3-37 Modelo de transmisión terrestre según la ITU.

La multiplexión y el transporte: Están referidos a los medios de dividir datos digitales para formar "paquetes" de información, los medios que permiten identificar cada paquete o tipo de paquete y los métodos apropiados de multiplexión de los datos de video, los datos del audio también son acomodados en paquetes, y los paquetes de datos auxiliares son distribuidos en el canal. El mecanismo de transporte fue diseñado para la interoperabilidad entre los medios de comunicación digitales como radiodifusión terrestre, la distribución por cable, distribución por satélite, medios de comunicación magnetofónicos, y la computadora; también fue diseñado para facilitar la interoperabilidad con el mecanismo de transporte ATM.

La transmisión en RF se refiere a la modulación de la señal para su difusión. El codificador de canal toma los bits de datos y agrega información adicional que puede ser usada por el receptor para reconstruir los datos de la señal recibida, debido a deterioros de la transmisión, podría no representar la señal transmitida con precisión. La modulación (o la capa física) usa los datos digitales de información para modular la señal transmitida. El subsistema de la modulación ofrece dos modos: un modo de la transmisión terrestre (8 VSB), y un modo de tasa alta de datos (16 VSB).

C) Fuentes de codificación.

La fuente de codificación para el video, audio, y transporte usan una gama de frecuencias basados en un reloj de 27 MHz ($f=27\text{MHz}$). Este reloj se usa para generar 42 bits de muestra de la frecuencia, se divide en dos partes definidas por la especificación MPEG-2. Éstos son los 33 bits de referencia base del programa y los 9 bits de extensión. El anterior es equivalente a una muestra de un reloj de 90 kHz que se trabaja con una frecuencia de reloj de 27 MHz, y es usado por el codificador de audio y de video. El codificador rotula el tiempo de presentación (PTS) y el tiempo de descifrado (DTS). El audio y video tienen relojes, f_a y f_v respectivamente, el llaveo de frecuencia corresponde al reloj de 27 MHz.



3. "Sistemas de HDTV existentes."

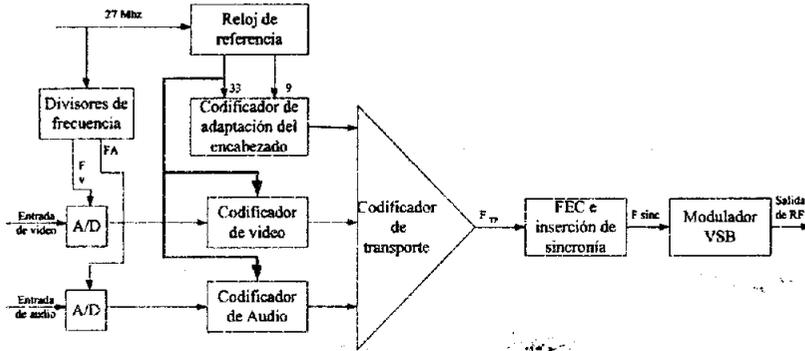


Figura 3-38. Equipo de codificación de alto nivel

D) Entradas de video para ATSC.

Hay ciertas normas de producción de televisión definidas para los formatos de videos que son relacionados a los formatos de compresión especificados por la norma ATSC.

Norma video	Líneas activas	Muestras / Línea activa
SMPTE 274M	1080	1920
SMPTE 296M	720	1280
ITU-R BT.601-4	483	720

Tabla 3-19. Formatos de video especificados en la norma ATSC.

Los formatos de compresión pueden derivarse de uno de los formatos de la entrada de video más apropiados. Puede anticiparse que se desarrollarán normas de la producción de video adicionales en el futuro, eso extiende el número de posibles formatos de la entrada.

E) Especificaciones de la fuente de codificación.

El ATV utiliza un algoritmo de compresión de video conformado de una sintaxis que determina el perfil aceptable, los parámetros serán limitados por los especificados para el Perfil Principal a Nivel Alto.

Los valores aceptables para la tasa de transferencia de bits del campo son dependientes de la aplicación. En la aplicación de transmisión terrestre, este campo corresponderá a una proporción de bits cercana o igual a 19.4 Mbps. En el modo de proporción de datos alto, la cantidad de bits correspondiente es menos o igual a 38.8 Mbps.



3. "Sistemas de HDTV existentes."

Constantes de encabezado		Valor Bits			
Relación de bits (□19.4 Mbps)		48500			
Relación de bits (□38.8 Mbps)		97000			
Tamaño del buffer		488			
Tamaño vertical	Tamaño horizontal	Relación de aspecto	de	Velocidad de cuadro	de Secuencia progresiva
1080	1920	1,3		1,2,4,5	1
				4,5	0
720	1280	1,3		1,2,4,5,7,8	1
480	704	2,3		1,2,4,5,7,8	1
				4,5	0
	640	1,2		1,2,4,5,7,8	1
				4,5	0
Valores de MPEG-2:					
Relación de aspecto: 1 = Muestras dispersas, 2= pantalla de aspecto 4:3, pantalla de aspecto 16:9					
Velocidad de cuadro: 1=29.973 hz, 2=24 Hz, 4=29.97 Hz, 5= 30 Hz, 7=59.54 Hz, 8=60 Hz.					
Secuencia progresiva: 0= Exploración entrelazada, 1= Exploración progresiva					

Tabla 3-20 Especificaciones de codificación ATSC.

3.5.3.-Formato activo de la pantalla.

La imagen debe ser compatible en estándares de HDTV y SDTV, por lo que la relación de aspecto cambiará de acuerdo al tipo de pantalla que se usa para desplegar la imagen. Para ajustar la imagen al receptor utilizado se pueden transmitir unos identificadores que permiten al decodificador adecuar la relación de aspecto. La Descripción del Formato Activa (AFD) debe ser incluida en los datos del usuario de video, el área del cuadro rectangular contiene información útil y si esta no se extiende a la altura llena o anchura de la pantalla deberá ajustarse. Los datos de AFD deben ser incluidos para que el receptor del usuario sepa la dimensión el cuadro rectangular de área que contiene información útil, describiendo la altura y anchura del cuadro.

El AFD se llevará en el flujo datos del usuario de video este formato de video se considera hasta la salida de la secuencia de cuadros. La proporción del aspecto predefinida del área de interés será señalada por el encabezado de la secuencia y el despliegue de parámetros correspondientes. Un AFD permanecerá efectivo hasta la salida de la secuencia o hasta que otro AFD sea introducido. Los receptores deben interpretar la ausencia de AFD en el inicio de una secuencia de cuadros de formato activo de forma igual a la pantalla del decodificador. La combinación de proporción de aspecto de fuente y el decodificador sirven para identificar si el "el área de interés" es todo el cuadro (proporción 16:9, active_format 16:9 centro), un letterbox dentro del marco (proporción 4:3, active_format 16:9 centro), o un "el pillarbox" dentro del marco (proporción 16:9, active_format 4:3 centro). Los formatos de HDTV son transmitidos en 16:9 desde el centro de la pantalla, pero los set-top box permiten la adecuación a un receptor de aspecto 4:3 por lo que se ajusta la cantidad de información de la secuencia de cuadros dependiendo del AFD.



3. "Sistemas de HDTV existentes."

Formato activo	Relación de aspecto del área de interés
0000-0001	Reservado
0010	Box 16:9 (Superior)
0011	Box 14:9 (Superior)
0100	Box >16:9 (centro)
0101-0111	Reservado
1000	El formato activo es el mismo que el de la trama codificada
1001	4:3 (centro)
1010	16:9 (centro)
1011	14:9 (centro)
1100	Reservado
1101	4:3 (con variante y protección 14:9 centro)
1110	16:9(con variante y protección 14:9 centro)
1111	16:9 (con variante y protección 4:3 centro)

Tabla 3-21. Formato activo y ADF correspondiente.

3.5.4.-Características del sistema de Audio.

Subsistema de Audio.

El codificador de audio es responsable de generar el audio comprimido que se codifica usando la señal en banda base. En el receptor, el subsistema del audio será responsable de descifrar el audio principal y regresar al audio a banda base. La compresión de audio del sistema se realiza siguiendo la Compresión de Audio Digital (AC-3) Normal.

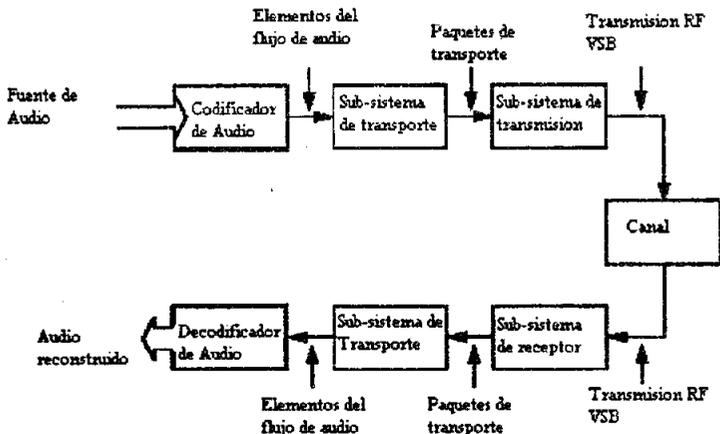


Figura 3-39. Sub-sistemas de Audio en la Televisión Digital.



3. "Sistemas de HDTV existentes."

Sintaxis de AC-3	Descripción	Valores permitidos
Fscod	Indica proporción de muestreo	'00' (indica 48 kHz)
Frmsizecod	servicio del audio Principal o el servicio del audio asociado conteniendo todos los elementos del programa necesarios	'011110' (indica ≤ 448 kb/s)
Frmsizecod	Un canal de servicio asociado que contiene un solo elemento de programa	'010000' (indica ≤ 128 kbps)
Frmsizecod	Dos diálogos del canal de servicios asociados	'010100' (indica ≤ 192 kbps)
Frmsizecod	Combina una proporción de bits de un principal y un servicio asociado pensado ser descifrado simultáneamente	Total ≤ 576 kbps
Acmod	Indica el número de canales	\geq '001'

Tabla 3-22 Audio digital para ATSC.

A) Frecuencia de muestreo.

El sistema de audio digital lleva un muestreo de frecuencia de 48 kHz, el reloj del sistema es de 27 MHz por lo que el audio de 48 kHz se define en proporción al sistema. Si las señales de entrada son analógicas, los convertidores de A/D deben muestrear a 48 kHz. Si las entradas empleadas son digitales, los codificadores de audio deberán tener tasas de muestreo con conversores entreguen una razón proporcional a los 48 kHz.

B) Proporción de bits.

Un servicio de audio principal o una asociación de servicios de audio son un servicio completo (conteniendo todos los elementos del programa necesarios) se codificará a una proporción de bits cercana a 448 kbps. Un sólo canal de servicios asociados contiene un sólo elemento de programa y se codifica a una proporción de 128 kbps. Dos canales de servicio asociado que contiene sólo diálogo se codifican a una proporción de bits cercana a 192 kbps. La proporción de bits combinada de un servicio principal y un servicio asociado que son decodificados simultáneamente será menor o igual a 576 kbps.

C) Modos de codificación de audio.

Los servicios de audio son codificados de acuerdo a su contenido, de esta forma se puede interpretar y determinar la cantidad de bits necesaria para su reproducción, además de diferenciar los servicios adicionales.

3.5.5.-Servicios de Audio principales y asociados.

Un canal AC-3 elemental contiene la representación codificada de un sólo servicio de audio. Los servicios del audio múltiples son proporcionados por canales elementales múltiples. Cada canal elemental es llevado por el transporte multiplexado con PID únicas.



3. "Sistemas de HDTV existentes."

Hay varios servicios de audio que pueden (individualmente) ser codificados en cada canal elemental. Cada canal AC-3 elemental se etiqueta acerca del tipo de servicio usando un campo de identificación. Hay dos tipos de servicio principal y seis tipos de servicio asociado. Cada servicio asociado puede etiquetarse (en los descriptores de audio AC-3 usando el transporte los datos de PSI) y pueden ser asociados uno o más servicios de audio principales. Cada AC-3 elemental también puede etiquetarse con un código de idioma. Los servicios asociados pueden contener mezclas completas del programa, o solo un segmento del programa, pueden descifrarse servicios asociados que son mezclas completas y pueden usarse como audio principal con canales de audio asociado.

Los servicios de audio se muestran en la siguiente tabla:

Modo (bsmod)	Tipo de servicio
000 (0)	Servicios de audio principal: completo (CM)
001 (1)	Servicios de audio principal: la música y efectos (ME)
010 (2)	Servicio asociado: Para deficiencia visual (VI)
011 (3)	Servicio asociado: Para deficiencia auditiva (HI)
100 (4)	Servicio asociado: Diálogo (D)
101 (5)	Servicio asociado: Comentario (C)
110 (6)	Servicio asociado: Emergencia (E)
111 (7)	Servicio asociado: Voz-encima (VO)

Tabla 3-23 .Servicios de audio y su PID.

A) Servicios de Audio principales completos (CM).

Los servicios CM de audio principal contienen un programa completo (con diálogo, música, y efectos). Éste normalmente es el tipo de servicio del audio proporcionado, el servicio de CM puede contener de 1 a 5.1 canales de audio. El servicio de CM puede reforzarse más allá por medio de los VI, HI, C, E, o VO servicios asociados. El Audio en idiomas múltiples puede ser proporcionado con servicios CM múltiples, cada uno en un idioma diferente.

B) Servicios de Audio principales, Música y Efectos (ME).

El tipo de servicio ME de audio principal contiene la música y efectos de un programa del audio, pero no el diálogo para el programa. El servicio ME puede contener de 1 a 5.1 canales de audio. El diálogo del programa primario es enviado y (si cualquiera existe) es proporcionado simultáneamente poniendo a disposición un servicio asociado D. Los servicios múltiples asociados D en idiomas diferentes pueden asociarse con un solo servicio ME.

C) Servicios para deficiencia visual (VI).

Los servicios asociados VI típicamente contienen una descripción narrativa del programa en forma visual. En este caso, el servicio VI es un sólo canal de audio. La reproducción simultánea del servicio asociado VI y el servicio de audio principal CM permite al usuario deficiente visual disfrutar el audio de programa multi-canal, todo va sucediendo (por el oído) en pantalla.



3. "Sistemas de HDTV existentes."

D) Servicios para deficiencia auditiva (HI).

El servicio asociado HI típicamente contiene sólo diálogo que es reproducido simultáneamente con el servicio de CM. En este caso, el servicio HI será un solo canal de audio. Este diálogo se puede haber procesado para la percepción de los oyentes con daño, los servicios permiten al oyente oír una mezcla del CM y HI dando énfasis al diálogo mientras se proporcionan un poco de música y efectos.

E) Diálogo (D).

El D contiene diálogo del programa, pensado para el uso con un servicio de audio HI principal. El idioma del servicio de D se indica en el descriptor de audio, un programa de audio completo es formado simultáneamente descifrando el servicio D y el HI mezclando el canal D del centro del servicio principal HI (con que es asociado). Si el servicio de audio principal contiene más de dos canales de audio, el servicio de D será monofónico, mezclando el canal izquierdo del servicio HI con el canal izquierdo del servicio D, se tendrá un sonido estereofónico que contiene música, efectos, y diálogo.

F) Comentario (C).

El comentario del servicio asociado es similar al servicio D, sólo que en lugar de llevar diálogo del programa esencial, el servicio de C lleva comentario optativo del programa. El servicio C puede ser un canal de audio conteniendo el comentario. En este caso, la reproducción simultánea de un servicio de C y un servicio de CM le permitirá al oyente oír el comentario del programa.

La señal del rango dinámico en el canal del servicio de C es usado por el decodificador de audio para modificar el nivel de audio del programa principal. Así el nivel del servicio de audio principal estará bajo el mando de servicio C del proveedor, y el proveedor puede señalar al decodificador reducir el nivel de servicio del audio principal por 24 dB para asegurar que el comentario es legible.

G) Emergencia (E).

El E es el servicio asociado que permite la inserción de emergencia o la prioridad alta de anuncios. El servicio de E siempre es un sólo canal del audio, se da a un servicio de E prioridad en transporte y en decodificación de audio. Siempre que el servicio de E esté presente, se entregará al decodificador de audio. Siempre que el decodificador de audio reciba que un tipo de audio E, dejará de reproducirse cualquier servicio principal recibiendo y sólo se reproducirá los E en el canal del centro (o los canales izquierdos y derechos si un altavoz del centro no existe). El servicio de E también puede usarse para las aplicaciones de emergencia. Puede usarse siempre que la programadora desee forzar todos los decodificadores para dejar de reproducirse el audio principal y reproduzca una prioridad más alta en un sólo canal de audio.

H) Voz-encima (VO).

El VO es que un solo servicio de canal puede ser reproducido con el servicio del audio principal en el receptor. Permite agregar voz-overs a un audio ya codificado en un canal que no requiere ser decodificado a banda base y entonces re-codificado. Siempre es un sólo canal de audio y tiene segunda prioridad



3. "Sistemas de HDTV existentes."

3.5.6.-Características de los codificadores de audio.

La entrada de Audio al sistema de televisión digital puede estar en forma analógica o digital. Las señales de entrada deben ser cuantificadas a por lo menos 16 bits de resolución. El sistema de compresión de audio puede llevar señales de audio con 24-bits de resolución, pueden definirse interfaces físicas para las entradas del audio al codificador como normas de industria voluntarias por el AES, SMPTE, u otras organizaciones de las normas. El rendimiento del codificador de audio es un canal elemental que se forma de los paquetes de PES dentro del subsistema de transporte y si un programa contiene uno o más componentes de audio, por lo menos uno será un servicio de audio principal completo (CM).

3.5.7.-Servicio múltiple y características del subsistema de transporte.

El formato de transporte y protocolo para la Norma de la Televisión Digital son un subconjunto compatible de la especificación MPEG-2 de los Sistemas definidos en ISO/IEC 13818-1. Está basado en un paquete de longitud fija de transporte en el canal que se ha definido y se ha perfeccionado para las aplicaciones de entrega en televisión digital.

El subsistema de transporte reside entre la aplicación (audio o video) codificador y el subsistema de la transmisión. El subsistema de transporte del codificador es responsable de estructurar los canales elementales codificando y multiplexando los componentes diferentes del programa para la transmisión. En el receptor, es responsable de recuperar los canales elementales para los decodificadores de las aplicaciones individuales y para la señalización del error correspondiente. El subsistema de transporte también incorpora otra funcionalidad de capa de protocolo más alta relacionada a la sincronización del receptor.

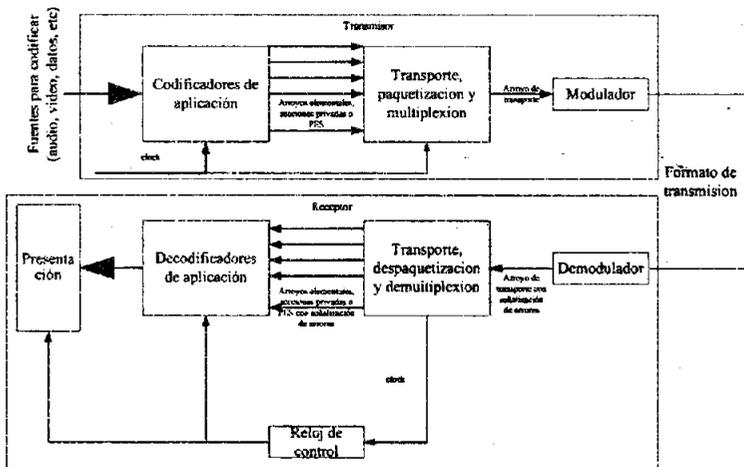


Figura 3-40. Diagrama a bloques de un subsistema de transporte.



3. "Sistemas de HDTV existentes."

Un acercamiento para describirlo es considerarlo como una combinación de multiplexión a dos capas diferentes. En la primera capa, los canales de transporte de programa son formados por multiplexión del canal de Transporte (TS) para uno o más paquetes elementales del canal (PES) y/o la sección privada (ISO/IEC 13818-1 [C3]). En la segunda capa, se combinan uno o más canales de transporte de programa para formar un servicio múltiple de programas (también conocido como un canal de transporte multiprograma en los sistemas MPEG-2, y un canal de bits de Televisión Digital estándar multiplexada en ATSC). La Información Específica de programa (PSI), lleva dentro los paquetes de TS, relacionado a la identificación de programas y los componentes de cada programa.

A) Restricciones de PES.

El caudal de elementos empaquetados sirve para encapsular el audio y la información del canal de video. El empaquetado se usa para llevar la etiqueta de tiempo de la Presentación (PTS) y la estampa de tiempo de descifrado (DTS) que la información requiere para la sincronización de audio y la información de video.

- PES Video. Cada paquete de PES empezará con una unidad de video de acceso, el primer byte de un paquete PES será el primer byte de una unidad de acceso de video. Cada encabezado de PES contendrá un PTS. Adicionalmente, contendrá un DTS propio. Para la transmisión terrestre, el paquete de PES no contendrá más de un marco de video codificado, y sólo será nulo el cuadro de video cuando se transmite el indicador para señalar que los cuadros pueden ser discontinuos.
- PES de Audio. El decodificador del audio puede ser capaz de simultáneamente descifrar más de un flujo elemental que contiene elementos de programa diferentes y combinar los elementos del programa en un programa completo. En este caso, el decodificador del audio puede descifrar secuencialmente el audio (o el bloquear el audio) de cada flujo elemental y combina (mezclando juntos) en un marco o (bloque) la base. Para tener el audio de los dos flujos elementales se reproduce la muestra exacta en sincronía.

B) Servicios.

- Información del sistema y Guía del Programa PID.-Los flujos de transporte incluirán la información del sistema y datos de la guía de programa estructurados según la sintaxis del Estándar A/65B, "Programa y Protocolo de Información de Sistema para la Transmisión Terrestre y Cable." Se llevarán la información del sistema y datos de la guía de programa en paquetes de flujo de Transporte. La información del sistema mantiene datos necesarios para la navegación entre las opciones de servicio digitales. El banco de datos de la guía de programa le permite a un receptor construir una reja dentro de la pantalla de información del programa para varios servicios que pueden estar disponibles.
- Especificación de ATSC de los datos privados. Dentro del juego de normas de ATSC, los datos privados pueden ser transportados por varios medios:

El servicio de Datos – El traslado de datos de servicios ATSC incluyendo información del sistema documentado en Normas de ATSC aplicables.



3. "Sistemas de HDTV existentes."

Adaptación de campos – Pueden transmitirse datos Privados dentro del campo de adaptación de los paquetes TS, programando elementos que incluyen datos privados en los campos de adaptación de sus paquetes, de TS que están asociados con un Descriptor de Registro MPEG-2.

3.5.8.-Interfases del subsistema de transporte y proporciones de bits.

A) Características de las entradas del subsistema de transporte.

La norma de los sistemas MPEG-2 define un sistema que codifica a dos capas jerárquicas: El empaquetado del flujo elemental (PES) y los sistemas de flujo, o en Flujo de Transporte o formato de Flujo de Programa (el ATSC sólo usa el formato de Flujo de Transporte). Bajo esta norma y por uso común de la industria, los encapsulados de datos es una capa paralela a PES. Las aplicaciones físicas pueden incluir el paquete de PES dentro de un video, audio, u otra codificación de datos; y un encapsulador dentro de un codificador de los datos; y no como parte del subsistema de transporte.

B) Subsistemas de transporte.

Conceptualmente, el rendimiento del subsistema de transporte es un MPEG-2 continuo, el flujo está definido a una proporción constante de Tr en Mbps cuando transmitimos en un sistema 8 VSB y 2Tr cuando transmitimos en un sistema 16 VSB, donde, la proporción de símbolo Sr en Msymbols por segundo para el subsistema de la transmisión es de 10.75 Msymbols por segundo.

C) Protecciones de error del canal.

La Protección de error del canal principal consiste en encadenar un codificador RS, a un codificador Trellis de 4 estados de entrelazado para el Servicio Principal. Como una opción, pueden emplearse modos Reforzados. Hay dos modos disponibles, con opción de niveles de protección de error dentro de cada método definido. Estos modos Reforzados proporcionan métodos para los datos del Servicio Principal y para facilitar recepción. Para un modo en particular, la proporción de los datos asignada al modo es variable en pasos pre-definidos.

D) Servicio de detección y corrección de error del flujo principal.

A excepción del segmento y de sincronía de campo, la corriente de 8-VSB debe tener una randomización. Esto es porque la respuesta de frecuencia transmitida de la señal debe tener un espectro con ruido pequeño para utilizar el espacio asignado del canal con eficacia máxima. Si los datos contuvieran patrones repetitivos, el ritmo de repetición de estos patrones causaría que el contenido de energía de RF de la señal transmitida "encime" junto con otros en ciertos puntos discretos del espectro de frecuencia, de tal modo que dejaría agujeros en otras frecuencias. Esto implica que ciertas partes del canal de 6 megaciclos serían usadas en exceso, mientras que otras partes serían desusadas. Además, las grandes concentraciones de energía de RF en ciertas frecuencias de modulación incrementan la probable creación de patrones perceptibles en una televisión NTSC, la interferencia se hace notoria en el sistema NTSC. En el randomizer de los datos, cada valor del octeto se cambia según el patron de bits de la generación pseudo-memorizada del número. Este proceso se invierte en el receptor para recuperar los valores apropiados de los datos.



3. "Sistemas de HDTV existentes."

3.5.10.-Entrelazado del servicio principal.

El entrelazado empleado en la transmisión VSB será de 52 segmentos de datos (inter-segmentos). El Entrelazado proporciona una profundidad de 1/6 de un campo de los datos, sólo los bytes de datos (incluyendo los bytes RS de paridad) se entrelazan. El entrelazado se sincroniza al primer byte de los datos del campo.

El entrelazado de los datos revuelve el orden secuencial del flujo de datos y dispersa los datos del paquete MPEG-2 a través del tiempo (sobre un radio de acción de cerca de 4,5 milisegundos con el uso de los almacenadores intermediarios de la memoria) para reducir al mínimo la sensibilidad de la señal transmitida a interferencia del tipo ráfaga. El entrelazado de los datos entonces monta los nuevos paquetes de datos que incorporan fragmentos minúsculos de diversos (pre-interpolado) paquetes MPEG-2. Estos paquetes reconstituidos de los datos son de la misma longitud que los paquetes originales MPEG-2: 207 octetos (después de la codificación de Reed-Solomon).

Éste es el equivalente de separar todos sus elementos (octetos) sobre diversos transportes (el tiempo). Si una ráfaga de ruido perfora un agujero en la señal durante la propagación y se pierde "transporte" (es decir varios milisegundos), muchos diversos paquetes MPEG-2 pierden un elemento en vez de un paquete MPEG-2 que pierde todos sus elementos. Esto se conoce como diversidad del tiempo. La interpolación de los datos se hace según un patrón conocido; el proceso se invierte en el receptor para recuperar el orden apropiado de los datos.

3.5.11.-Codificación del Servicio principal.

El entrelazado empleado en la transmisión 8 VSB ocupa una proporción de codificación de 2/3 ($R=2/3$), (con un bit de codificación puede ser pre-codificado). Es decir, con un bit de la entrada se pone en código dos bits del rendimiento, usan una codificación 1/2 mientras el otro bit de la entrada es pre-codificado. La señal usada con el código Trellis es de 8- niveles (3 bit) de constelación unidimensional.

Debe ser usado un entrelazado en el codificador Trellis usando doce codificadores y pre-codificadores Trellis idénticos a los entrelazados de los símbolos en los datos. El código entrelazado se logra poniendo los símbolos de codificación (0, 12, 24, 36...) como un grupo, símbolos (1, 13, 25, 37,...) como un segundo grupo, símbolos (2, 14, 26, 38,...) como un tercer grupo, y así sucesivamente para un total de 12 grupos. Para crear bits de serie para los bytes paralelos, el MSB mandará primero: (7, 6, 5, 4, 3, 2, 1, 0). El MSB es pre-codificado (7, 5, 3, 1) y el LSB es codificado de la regeneración convolucional (6, 4, 2, 0). por lo que se usarán 4 códigos de estado óptimos en la codificación.

El multiplexor de rendimiento se adelantará hasta cuatro símbolos en cada límite del segmento, el estado del codificador Trellis no será adelantado. Los datos que salen del multiplexor seguirán su clasificación normal de codificador 0 hasta el 11 para el primer segmento del marco, pero en el segundo segmento el orden cambia y se leen símbolos del codificadores 4 hasta 11, y entonces 0 hasta 3. El tercer segmento lee del codificador 8 hasta 11 y entonces 0 hasta 7. Este modelo de tres-segmento se repetirá con los 312 Segmentos de los Datos del marco. Después de que la Sincronización de Segmento de Datos se inserta, la clasificación de los símbolos de los datos es tal que los símbolos de cada codificador ocurren a un espacio de doce símbolos. Una conversión completa de bytes paralelos a los bits de serie es necesario tener 828 bytes para producir 6624 bits.



3. "Sistemas de HDTV existentes."

Se crean símbolos de datos de 2 momentos enviados en MSB, así que, el funcionamiento de la conversión completa pide 3,312 símbolos de datos que corresponden a 4 segmentos de 828 símbolos. 3,312 símbolos de datos divididos por 12 codificadores Trellis dan 276 símbolos por cada codificador 276 símbolos divididos por 4 símbolos por cada byte dan 69 bytes por codificador; la sincronización del segmento en la entrada se sostiene hasta el próximo ciclo de multiplexión y entonces se alimenta al codificador correcto.

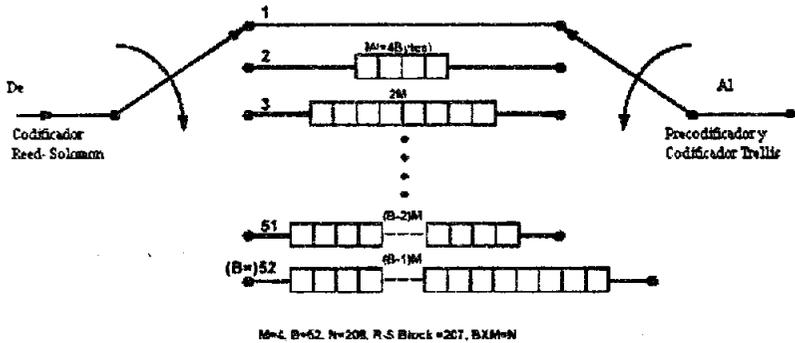


Figura 3-42 Entrelazado convolucional (Ilustración del registro de los bytes)

3.5.12.-Codificador Trellis.

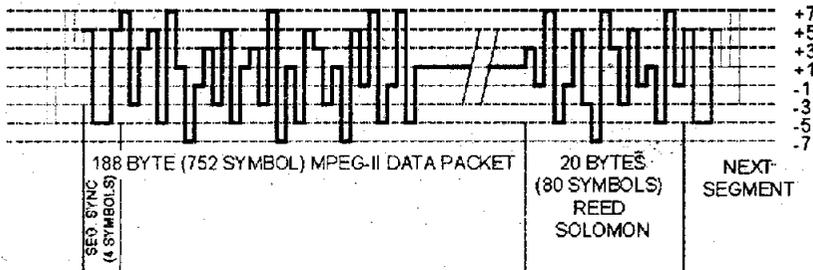
La codificación de enrejado es otra forma de corrección de error adelantada. A diferencia de la codificación Reed-Solomon, que trata el paquete entero MPEG-2 simultáneamente como bloque, la codificación de enrejado es un código que se desarrolla con el flujo progresivo de bits mientras que se convierte en el tiempo. Por lo tanto, la codificación Reed-Solomon es una forma de código de bloque, mientras que la codificación de enrejado es un código circunvolucional.

Para la codificación Trellis, cada byte de 8 bits se divide en una corriente de cuatro, palabras de 2-bit. En el codificador Trellis, cada palabra de 2-bit que llega se compara a la última historia de las palabras anteriores de 2-bit. Un código binario 3-bit se genera matemáticamente para describir la transición de la palabra anterior 2-bit a un 1. Estos códigos de 3-bit substituyen las palabras originales de 2-bit y transmiten al aire como ocho símbolos llanos de 8-VSB (3 bits = 2³ = 8 combinaciones o niveles). Para cada dos bits que entren el codificador Trellis, tres bits salen. Por esta razón, se dice que el codificador Trellis en el sistema 8-VSB para ser codificador de la tarifa de 2/3.

El decodificador Trellis en el receptor utiliza los códigos recibidos de la transición 3-bit para reconstruir la evolución de la secuencia de datos a partir de una palabra siguiente de 2-bit. De esta manera, el codificador Trellis sigue un "rastros" mientras que la señal se mueve a partir de una palabra a la vez de la próxima directa. La energía de la codificación Trellis miente en su capacidad de seguir la historia de una señal con tiempo y de desechar la información potencialmente culpable (errores) basada en una señal más y un comportamiento futuro. Cuando se reciben los errores, el decodificador Trellis tiene la capacidad de seguir varios "rastros posibles" para algunos bits y tomar una decisión en cuanto a cual de los símbolos son los correctos.



3. "Sistemas de HDTV existentes."



NOTE: 4 SYMBOLS PER BYTE

Figura 3-43 Bytes de un segmento de transmisión.

A) Protecciones de Datos reforzados.

El servicio de datos reforzado es protegido por un FEC adicional encadenado (aplicado al Servicio Reforzado) al FEC Principal. Los usos de protecciones de error del canal reforzadas utilizan entrelazados adicionales (entrelazado Reforzado), un esquema de codificación Reed Solomon adicional (Codificación Reforzada RS), un entrelazado de conmutación adicionales (Entrelazado Reforzado convolucional), y un codificador de 4 estados adicionales (Codificador Reforzado convolucional). Los datos Reforzados y los bits de paridad Reforzados RS se encapsulan dentro del nivel de transporte de carga del paquete MPEG-2. El codificador de 4 estados reforzados es encadenado y sincronizado con el codificador principal trellis para producir un eficaz codificador de 16 niveles para datos Reforzados. FEC reforzado ofrece dos modos de codificación definidos como factor de 1/2 y 1/4 de E8-VSB. La entrada al preprocesador serán paquetes de 188-byte MPEG-2.

Los datos son colocados para ser codificados por el servicio Principal y el FEC Reforzado en un máximo de tres flujos paralelos. Cada flujo es asociado con uno Principal, un modo Reforzado de 1/2 de proporción, o un modo Reforzado 1/4 proporción. El buffering apropiado se inserta en ambos flujos, los datos reforzados se envían a través del Pre-procesador E8-VSB, los datos reforzados serán codificados con Reed Solomon y cada byte será extendido por la proporción de 1:2 (para la 1/2 proporción) o 1:4 (para codificador a 1/4) para formar bits de posición. Los bytes extendidos se estructurarán en paquetes MPEG-2 que serán multiplexados con paquetes del flujo principal de MPEG-2 (Servicio Principal).

B) Convertidor de paquetes de bytes.

Los datos codificados con la proporción 1/2 o 1/4 de FEC Reforzadas serán procesados por el convertidor de paquetes que organiza la entrada de 188-bytes de MPEG-2 en paquetes de 164-bytes.

C) Multiplexión de paquetes de proporción 1/2 o 1/4.

La carga de los datos Reforzados, comprendida para las proporciones 1/2 y 1/4 deberá ser en paquetes de 164 bytes para ser transmitidos en un campo de VSB, se comprimen antes de enviarse al codificador RS. El número máximo de paquetes de 164-bytes de modo 1/2 es 156. El número del máximo de paquetes de 164 bytes de modo 1/4 es 78.



3. "Sistemas de HDTV existentes."

El primer paquete del multiplexor Reforzado llevará una bandera de H/Q que identificará la naturaleza de cada paquete de 164 bytes. Esta bandera de H/Q tendrá dos estados: "H" para la proporción $1/2$ proporción y "Q" para la proporción $1/4$.

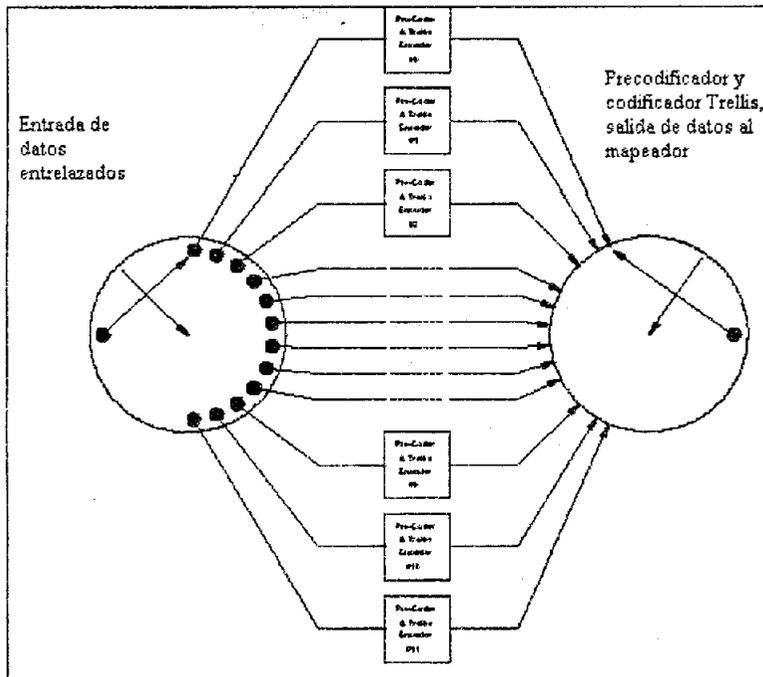


Figura 3-44. Entrelazado del codificador Trellis.

D) Reed-Solomon Reforzado.

La primera función después del multiplexor de segmento será una codificación de los paquetes de 164-bytes enviados a un codificador de RS con parámetros $t = 10$ (184,164). el codificador de RS utiliza la bandera de H/Q generada por el bloque anterior y lo extenderán a los bytes de paridad generados por el codificador de RS.

E) Entrelazado de los datos reforzados.

Se piensa principalmente que el entrelazado proporciona protección adicional contra el ruido impulsivo y errores producidos por degradaciones del canal. El codificador de RS de datos Reforzados será seguido por un entrelazado de datos Reforzados donde se genera un byte de entrelazado con parámetros $B=46$, $M=4$, $N=184$. Los entrelazados del servicio Reforzado harán revoluciones completas múltiples por el campo de los datos para todos datos reforzados.



3. "Sistemas de HDTV existentes."

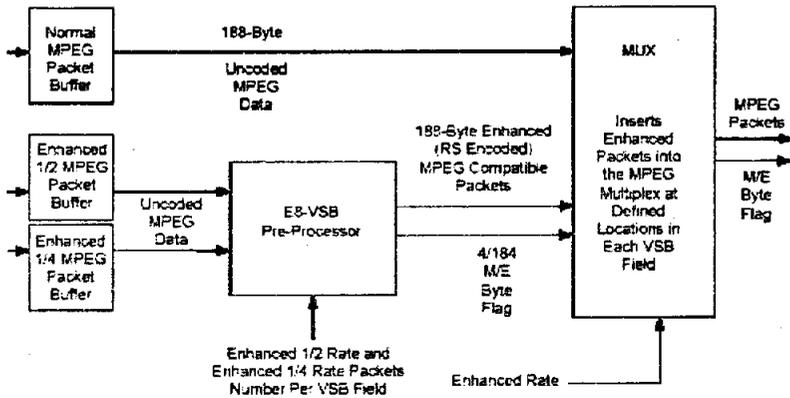


Figure D5.10 Main and Enhanced Mux Packet Processor.

Figura 3-45 Diagrama a bloques del codificador de datos reforzados.

F) Expansión de los bytes y suma del encabezado MPEG-2.

Cada byte reforzado es asociado en modo 1/2 al FEC que se extiende a dos bytes, para los modos 1/4 el FEC se extiende en cuatro bytes. Para la proporción 1/2, el número del byte extendido "0" representará el byte de LSB y el byte número "1" representará el byte de MSB. Para la proporción 1/4, el número del byte extendido "0" representará el byte de LSB de la palabra de los 4 bytes, y el número del byte extendido "3" representará el byte de MSB. El RS Reforzado tiene un código de encapsulado (184,164) en el E8-VSB, el Pre-procesador reduce los 20 bytes adicionales a 164. Se agrega la bandera M/E, usada cuando están los estados Reforzados. La bandera de M/E estará en el estado Principal cuando los bytes corresponden a los paquetes MPEG-2 principales o los 4 bytes cuando son paquetes Reforzados MPEG-2. La bandera de M/E se mantendrá como Reforzado para los 184 bytes Reforzados y se pondrá a Principal para todos los otros bytes. Todos los bytes RS paridad son bytes del modo Principales y tendrán sus banderas asociadas a sus estados Principales.

G) Procesador de Símbolos reforzados.

Para la referencia, en el modo de la transmisión Principal, cada uno de los 12 codificadores Trellis paralelos recibe y pone en código un byte de datos del entrelazado Principal en el orden siguiente: (7,6,5,4,3,2,1,0), donde 7 son el MSB y 0 son el LSB.

El Procesador de señal Reforzada contiene el codificador del convolucional con 4 estados de regeneración. El codificador procesa los bytes entrantes por grupo de 2-bit de nibble. El código del convolucional es igual para el codificador normal para todos los modos de la transmisión Reforzados, la bandera de M/E selecciona la entrada Reforzada ("E"). Para el modo Principal de transmisión, la línea del mando selecciona la entrada Principal ("N") de los muxes manteniendo el estado del codificador y deriva los nibbles directamente.



3. "Sistemas de HDTV existentes."

H) Sincronización de los datos.

La primera cosa que el excitador 8-VSB hace sobre la recepción de los paquetes de los datos MPEG-2 es sincronizar sus propios circuitos internos con la señal entrante. Antes de cualquier proceso el excitador 8-VSB debe identificar correctamente el comienzo y los puntos finales de cada paquete de los datos MPEG-2, esto se logra usando el octeto de la sincronía. Los paquetes MPEG-2 tienen una longitud de 188 octetos con el primer octeto de sincronía siempre al inicio de cada paquete. El octeto de la sincronía MPEG-2 entonces se descarta y será substituido por la sincronía del segmento de ATSC en una fase posterior del proceso.

Los datos del codificador se pasarán a través de un multiplexor que inserta varias señales de sincronización (Sincronización de Segmento de Datos y Sincronización de Campo de Datos).

Dos niveles (binario) de Sincronización de Segmento de Datos de 4 símbolos se insertan en los 8 niveles digitales al principio de cada Segmento de Datos (El byte de MPEG-2 de sincronización será reemplazado por un segmento de datos de Sincronización). Un segmento completo consistirá en 832 símbolos: 4 símbolos para el segmento de datos de Sincronización, y 828 datos con símbolos de paridad. El mismo modelo de la sincronización ocurre regularmente cada 77.3 μ s, y solo esta señal se repite. Al contrario de los datos, los cuatro símbolos para el segmento de datos de Sincronización no son Reed-Solomon o codificados ni se entrelazan. El segmento de datos de sincronización será un modelo 1001.

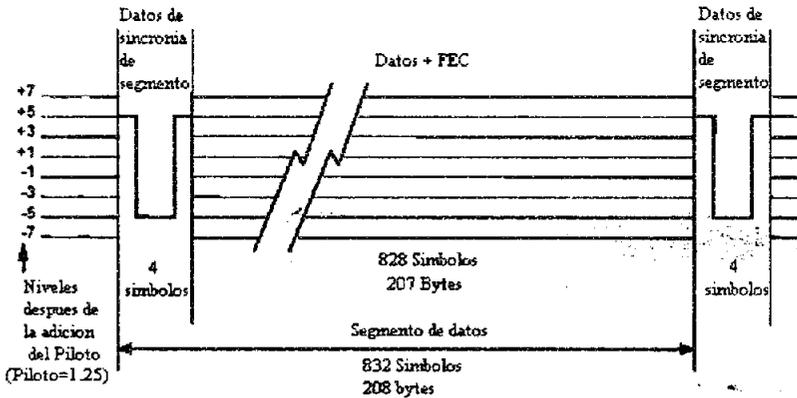


Figura 3-45. Sincronía del segmento de datos

I) Sincronización de Campo.

Los datos no sólo son divididos en Segmentos de Datos, también en Campos de Datos, cada uno consiste en 313 segmentos. Cada Campo de Datos (24.2 ms) empezará con un segmento de datos de Sincronía de Campo, cada símbolo representa un bit de datos (2-niveles). La sincronización del Segmento de Datos se define como 1001.



3. "Sistemas de HDTV existentes."

J) Sincronía e inserción de pilotos.

El paso siguiente en la cadena de proceso de señal es la inserción de varias señales "ayudantes" auxiliares para el receptor 8-VSB en la localización y la demodulación de la señal transmitida de RF. Éstas son los piloto de ATSC, la sincronía del segmento, y la sincronía del campo. Se insertan pilotos y las señales de sincronía después de las etapas de codificación, randomización y protección de error para no destruir las relaciones fijas del tiempo y de la amplitud que estas señales deben poseer para ser eficaces.

La recuperación de una señal del reloj para descifrar una forma de onda recibida ha sido siempre un asunto difícil en comunicaciones digitales de RF. Los datos se deben muestrear por el reloj de receptor para ser recuperado exactamente. El reloj de receptor en sí mismo se debe generar de datos exactamente recuperados. El sistema de registro "choca" cuando el nivel del ruido o de interferencia se levanta a un punto que los errores significativos de los datos se reciben.

8-VSB emplea una estrategia de pulsos de sincronización y portadores residuales que permiten el receptor "engancharse" hacia la señal entrante y empezar a descifrar, incluso en la presencia de desdoblamiento de imagen pesado y niveles del ruido altos.

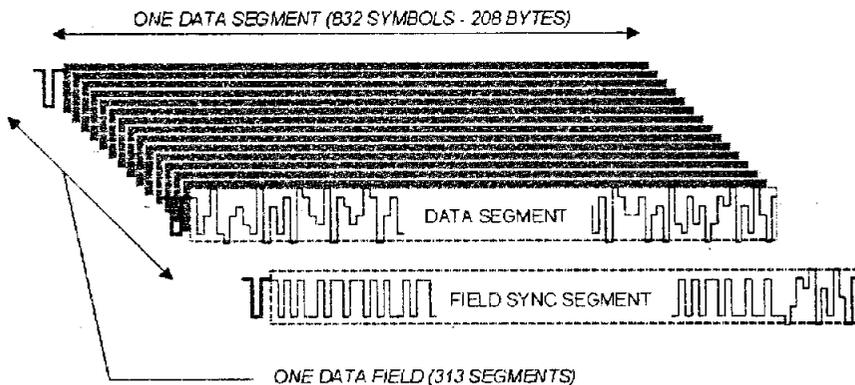


Figura 3-46 Inserción de segmentos de sincronía de datos y de campo.

K) Estructura de datos de tipo reforzados.

Hay dos opciones para distribuir los paquetes Reforzados dentro de los paquetes normales.

- Opción 1- Define una distribución de paquetes Reforzados, el índice de número de paquete son múltiplos de 4 segmentos y perfecciona al portador la actuación de proporción de ruido.
- Opción 2- Define una distribución uniforme de paquetes Reforzados dentro del marco del paquete normal y perfecciona actuación en la presencia de multipath dinámico.



3. "Sistemas de HDTV existentes."

12 símbolos (3bytes)	Datos E8-VSB 736 símbolos de datos (92 bytes)		Paridad principal RS 80 símbolos (3 bytes)
12 símbolos (3bytes)	Datos E8-VSB 576 símbolos de datos (72 bytes)	Datos E8-VSB 160 símbolos de paridad (20 bytes)	Paridad principal RS 80 símbolos (3 bytes)
12 símbolos (3bytes)	Datos E8-VSB 736 símbolos de datos (92 bytes)		Paridad principal RS 80 símbolos (3 bytes)
12 símbolos (3bytes)	Datos E8-VSB 576 símbolos de datos (72 bytes)	Datos E8-VSB 160 símbolos de paridad (20 bytes)	Paridad principal RS 80 símbolos (3 bytes)
2 bytes/símbolo	1 bytes/símbolo		2 bytes/símbolo

Tabla 3-24 Encapsulado de datos reforzados con codificación de $1/2$

12 símbolos (3bytes)	Datos E8-VSB 736 símbolos de datos (92 bytes)		Paridad principal RS 80 símbolos (3 bytes)
12 símbolos (3bytes)	Datos E8-VSB 736 símbolos de datos (92 bytes)		Paridad principal RS 80 símbolos (3 bytes)
12 símbolos (3bytes)	Datos E8-VSB 736 símbolos de datos (92 bytes)		Paridad principal RS 80 símbolos (3 bytes)
12 símbolos (3bytes)	Datos E8-VSB 416 símbolos de datos (26 bytes)	Datos E8-VSB 320 símbolos de paridad (20 bytes)	Paridad principal RS 80 símbolos (3 bytes)
2 bytes/símbolo	0.5 bytes/símbolo		2 bytes/símbolo

Tabla 3-25 Encapsulado de datos reforzados con codificación de $1/4$

Se han definido límites para el bit-rate máximo en servicios Reforzados (E-VSB). En todo momento, la calidad de video en el flujo principal debe tener las características del programa equivalente en el flujo Reforzado. En el evento que la programación es diferente en el principal y Reforzado, un formato de resolución más alto se juzga para ser calidad más alta. Adicionalmente, el bit-rate máximo en los canales con flujos de paquetes reforzados (EVSb), el flujo estará 3 Mbps menos de la capacidad total del canal que es 19.4 Mbps.

3.5.13.-Organización de los datos.

Cada marco de datos consiste en dos campos de datos, cada uno contiene 313 Segmentos de datos. Los primeros datos segmentan a cada campo de los datos con un único signo sincronizado (sincronización de campo de datos) e incluye la sucesión de mando usada por el igualador en el receptor. Los siguientes 312 segmentos de datos llevan cada uno el equivalente a un paquete de transporte (188-byte) más su RS-FEC asociado sobre el encabezado. Realmente en cada segmento de datos vienen algunos paquetes de transporte que se deben entrelazar. Los 8-símbolos de nivel de codificación reforzada se dispersan entre los 8-símbolos de entrelazado normal, debido a esto se debe informar a la transmisión que se usa un entrelazado



3. "Sistemas de HDTV existentes."

E8-VSB. Cada Segmento de los datos consiste en 832 símbolos. Los primeros 4 símbolos se transmiten en forma binaria y proporcionan sincronización del segmento. Esta señal de sincronía del segmento de datos representa el byte de la sincronización de los 188-bytes compatible con el paquete de transporte MPEG-2. Los siguientes 828 símbolos de cada segmento de datos llevan el equivalente y siguen siendo 187 bytes de un paquete de transporte y su RS-FEC asociado sobre el encabezado.

Estos 828 símbolos se transmiten como señales de 8 niveles y por consiguiente llevan tres bits por símbolo. Así, $828 \times 3 =$ son 2,484 bits de datos en cada segmento de Datos que exactamente empareja el requisito para enviar un paquete de transporte protegido:

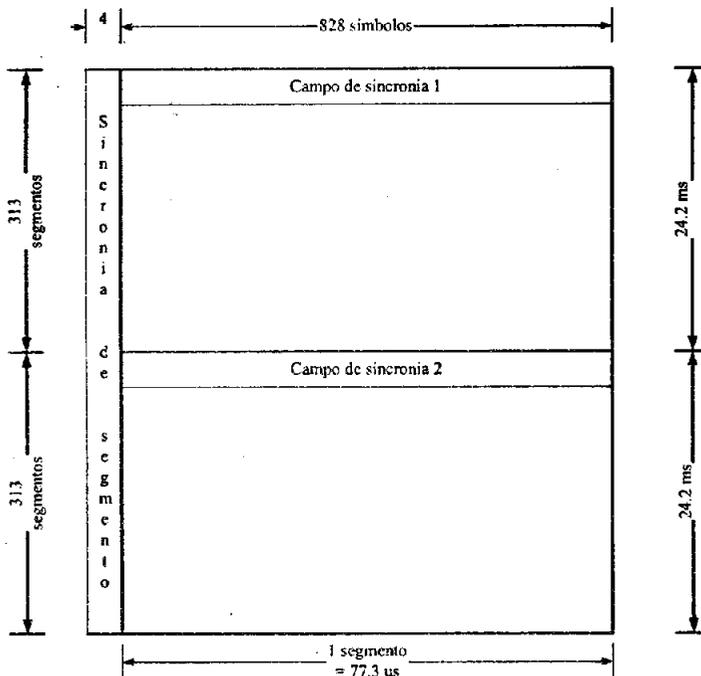


Figura 3-47. Estructura del marco de datos

$187 \text{ bytes de los datos} + 20 \text{ RS paridad bytes} = 207 \text{ bytes}$

$207 \text{ bytes} \times 8 \text{ bits/byte} = 1656 \text{ bits}$

$2/3 \text{ proporción del codificador Trellis que requiere de } 1656 \text{ bits} \times 3/2 = 2484 \text{ bits.}$

Con el cuadro E8-VSB de datos incluye RS adicional codificado y el codificador Trellis, la expansión del paquete por una proporción de 1:2 o 1:4 será para la proporción 1/2 o 1/4 respectivamente. Debido a esta expansión, un paquete MPEG-2 que es entrada al flujo reforzado se extiende encima de un múltiplo entero de segmentos normales antes de ser entrelazado de forma dispersa.



3. "Sistemas de HDTV existentes."

Los niveles de la señal en combinación con la Sincronización del Segmento de Datos binaria y Sincronización de Campo de Datos serán usados para suprimir la portadora modulando a un solo portador. Antes de la transmisión, la mayoría del lado de banda más baja se quitará. El espectro resultante es plano, salvo los bordes de una banda, la frecuencia de la portadora suprimida, la cual se sitúa a 310 kHz del borde de la banda baja y donde se agrega un pequeño piloto a la señal.

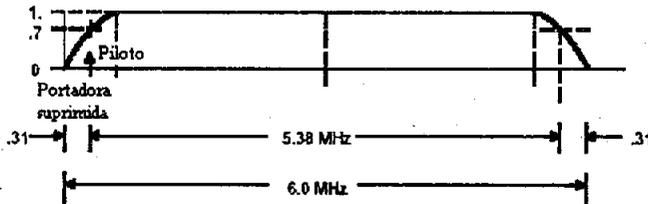


Figura 3-48. Espectro de señal VSB

3.5.14.-Características del sistema de transmisión en RF.

A continuación se describen las características del subsistema de RF/Transmisión llamado el subsistema de VSB de la Norma de Televisión Digital. El subsistema VSB ofrece dos métodos de modulación: un método de la transmisión terrestre (8 VSB), y un método de tasa alta (16 VSB). El método de la modulación 8-VSB es definido por un juego de elementos requeridos y varias combinaciones de elementos optativos. El juego de elementos requeridos se llama modo Principal. El servicio principal de datos es protegido por la Corrección de Error Adelantada (FEC) y envía sucesiones de mando obligatorias.

Los perfeccionamientos optativos agregan correcciones adicionales al FEC, codifica capas de los datos antes de enviarlos por una vía restringida de 8-VSB llamada "Reforzado 8-VSB" (E8-VSB). Se definen varias opciones de la proporción de codificación, y la asignación de carga entre los modos Reforzados 8 - VSB y el Modo Principal de datos seleccionable en valores discretamente definidos, estos modos sólo se usarán en las combinaciones definidas.

El sistema de transmisión 8 VSB ofrece opciones de sub-modos de funcionamiento de los datos para la actuación no comercial. Los modos optativos facilitan el funcionamiento del receptor en ciertas condiciones de propagación, con el grado de perfeccionamientos adicionales seleccionados por la programadora con una aceptación de una reducción en la carga del Servicio Principal, los modos opcionales se diseñan para evitar cualquier impacto que reste carga en el Servicio Principal.

A) Características de transmisión para difusión terrestre.

El modo de la transmisión terrestre (conocido como 8 VSB) entrega un Flujo de Transporte MPEG-2 (MPEG-2-TS) de 19.39 Mbps en un canal de 6 MHz. Dos modos optativos usan orden de datos codificados, el más alto es llamado Reforzado 8-VSB. Los modos de los datos reforzados permiten a la programadora asignar una porción de la base de datos de 19.39 Mbps para la transmisión de los datos Reforzada. Los datos reforzados se diseñaron para tener inmunidad más alta a ciertos deterioros del canal en el Servicio Principal pero entrega datos de información a una proporción reducida.



3. "Sistemas de HDTV existentes."

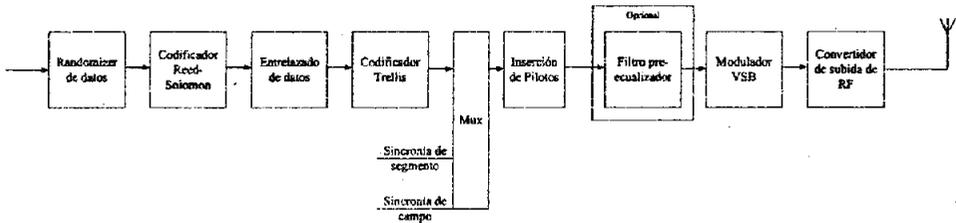


Figura 3-49 Transmisor de VSB.

B) Servicio Principal.

Exclusivamente para el bloque funcional del Servicio Principal, los datos entrantes se aleatorizan y se procesan para la corrección de error adelantada (FEC) en la forma del codificador Reed-Solomon (RS), (se agregan 20 RS bytes de paridad a cada paquete MPEG-2), 1/6 del campo de datos es entrelazado y 2/3 de proporción del codificador Trellis. No se aplican la memorización y procesos de FEC al byte de la sincronización del paquete de transporte, después de la memorización y el procesado de la corrección de error, los paquetes de los datos se estructuran en los Marcos de los Datos para la transmisión y se agregan el Segmento de Sincronización de Datos y el campo de Sincronización Datos.

C) Servicio reforzado.

Para el modo Reforzado 8-VSB (E8-VSB) se requiere procesar flujos de MPEG-2 para servicio Principal y procesar para servicio Reforzado la entrada también. El almacenador para la multiplexión de campos intra-tramas son insertados delante de ambos. Los datos reforzados se envían a través del procesador de paquetes multiplexor del servicio Principal y Reforzado. Los datos reforzados serán extendidos por la proporción de 1:2 (para 1/2 proporción de codificación) o 1:4 (para 1/4 proporción de codificación) para formar bits de posición para el codificador convolucional Reforzado y se estructuran los paquetes en MPEG-2 que serán multiplexados con paquetes MPEG-2 del flujo de Principal. El orden de multiplexión es determinado según la colocación de los segmentos de datos Reforzados en el campo de los datos transmitidos. Todos los paquetes asociados a una marca principal determinan la sucesión de bit (indica si o no un byte específico es de un paquete de Servicio Principal) atravesarán un memorizador de datos, RS, codificador, y entrelazador de byte que son idénticos al usado para la transmisión de datos simple.

Los datos serán procesados entonces por un codificador convolucional E8-VSB Trellis que tendrá dos modos de funcionamiento respectivamente para los Reforzados y los datos Principales, controlado por el Main/Enhanced (M/E).

3.5.15.-Modulación VSB.

La señal de 8 niveles de DTV, con las sincronizaciones y DC piloto agregados, es modulada en amplitud a una portadora de frecuencia intermedia (FI). Esto crea una señal de doble banda lateral grande. El ancho de banda ocupado de esta señal es demasiado ancho para ser transmitido en un canal de 6 MHz. Se emplean técnicas de compresión y filtrado para obtener parte de este espectro sin destruir la información digital que se transmite.



3. "Sistemas de HDTV existentes."

Las varias bandas laterales de la señal son copias del espectro del centro simplemente, y la banda lateral más baja es una imagen de espejo de la banda lateral superior. Esto nos permite desechar casi entera la banda lateral más baja y toda la banda lateral superior. La señal restante (la mitad superior del espectro del centro) puede cortarse más allá por la mitad en virtud de la Teoría de Nyquist que requiere sólo un 1/2 ancho de banda de frecuencia para transmitir una señal digital de acuerdo a la velocidad del muestreo. El trabajo de discriminar la porción de señal que se trasmite es operación del filtro Nyquist.

A) Cartografía de los bits de la señal.

Los rendimientos del decodificador Trellis son niveles nominales de $(-7, -5, -3, -1, 1, 3, 5, 7)$, los niveles nominales de Sincronización de Segmento de Datos y Sincronización de Campo de Datos son -5 y $+5$. El valor de 1.25 se agrega a todos estos niveles nominales con el propósito de crear a un portador de piloto pequeño.

Un piloto pequeño en fase se agrega a la señal de datos, la frecuencia del piloto será igual a la frecuencia de la portadora suprimida. Esto se genera con un pequeño (digital) nivel de DC (1.25) agregado a cada símbolo (datos y sincronización) de los datos de banda base digitales más la sincronización $(\pm 1, \pm 3, \pm 5, \pm 7)$. La potencia del piloto será 11.3 dB debajo de la potencia de los datos.

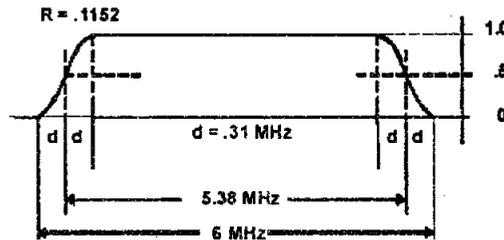


Figura 3-50 Espectro de la señal.

3.5.16.-Filtro Nyquist.

Como resultado de los datos sobre la cabecera agregados al flujo de datos señalado en la forma de corrección del error adelantada del decodificador y la inserción de la sincronización, nuestra proporción de los datos ha ido de 19.39 Mbit/sec a la entrada del excitador a 32.28 Mbit/sec al rendimiento del codificador Trellis. Se transmiten tres momentos en cada símbolo de la constelación 8 VSB, la proporción del símbolo resultante es $32 \text{ Mb} / 3 = 10.76$ Millones de símbolos/seg. En virtud del Teorema de Nyquist, nosotros sabemos que puede transmitirse 10.76 Millones de símbolos/seg. en una señal del banda lateral rudimentario (VSB) con un ancho de banda de frecuencia mínimos de $1/2 * 10.76 \text{ MHz} = 5.38 \text{ MHz}$. Puesto que se cuenta con un ancho de banda de 6 MHz, se puede relajar la pendiente del filtro VSB ligeramente y todavía se estaría dentro del 6 canal de MHz. Este ancho de banda de exceso permisible (representado por un alfa), es 11.5% para el sistema ATSC 8-VSB. Es decir, se requiere de 5.38 MHz (ancho de banda mínimo por Nyquist) + 620 kHz (11.5% el ancho de banda del exceso) = 6.00 MHz . Se usa el factor de Alfa más alto para el diseño de hardware, teniendo que probar los requisitos del filtro y la frecuencia del reloj.



3. "Sistemas de HDTV existentes."

La respuesta en frecuencia resultante después del filtro Nyquist de VSB; considerando el anterior estándar NTSC de banda lateral se utiliza el mismo espacio del espectro de frecuencia, sin embargo 8-VSB toma la parte más alta de la banda lateral de RF y elimina casi por completo la parte más baja de ésta.

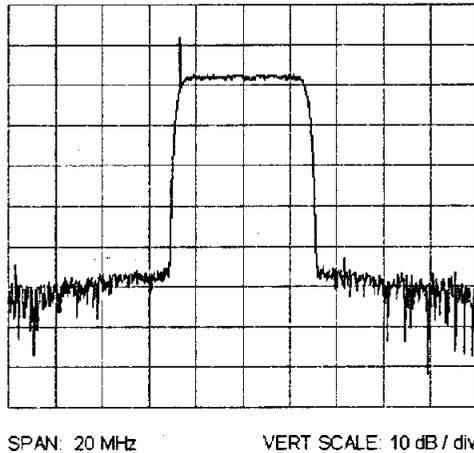


Figura 3-51 Espectro de frecuencia de VSB en RF.

Esta eliminación virtual de la parte mas baja de la frecuencia lateral, junto con el filtro de banda reducida se filtra del banda lateral superior, crea cambios muy significativos en la forma de onda de RF que se transmite. La señal se transforma y se contamina, por lo que modifica la apariencia que tenía antes de filtrarse.

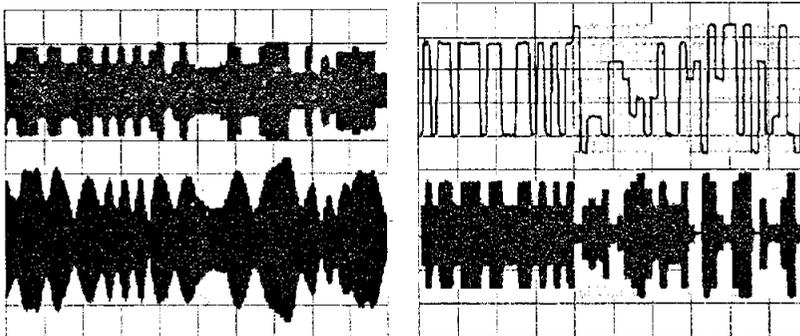


Figura 3-52. Efecto del filtro Nyquist sobre la señal 8-VSB en FI.

Cuando una señal cuadrada digital es transmitida, se debe considerar que ésta pierde sus bordes y oscila antes y después del pulso inicial, pasar a VSB representaría un pulso que se tomaría como referencia y causaría interferencia sobre los siguientes símbolos, desajustando los niveles y cambiando el volumen de información de la señal.



3. "Sistemas de HDTV existentes."

La información debe de transmitirse en forma nivelada y debe ser reconocida de forma precisa en el receptor durante un instante, la amplitud de los pulsos se desprecia y puede modificarse a nuestras necesidades dentro de los ocho niveles permitidos. Si el filtro de frecuencia reducida trabaja correctamente, el tren de pulsos será ortogonal; esto significa que a cada momento de muestreo sólo se considera un pulso de la forma de onda de RF. Todos los símbolos siguientes estarán experimentando un cruce por cero en su amplitud y sólo presentará un pulso de la amplitud de cualquiera de los ocho niveles de VSB.

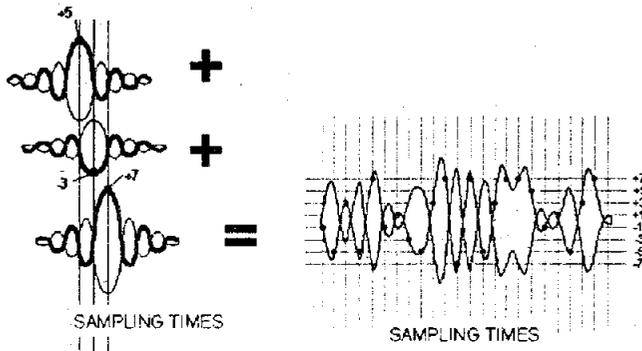


Figura 3-53. Suma de las muestras ortogonales y sus niveles.

Durante todo el muestreo la forma de onda de RF de la señal es la suma de docenas de símbolos cercanos anteriores y futuros. Estos valores diferentes de cero (durante el muestreo) de las docenas de símbolos pueden sumarse como voltajes de señal muy grandes. El resultado es un mismo "pico" de señal que se parece al ruido blanco. La cresta promedio de esta proporción de señal puede ser tan alta como 12 dB, el transmisor puede limitar el valor de esta cresta de 6 - 7 dB para RF.

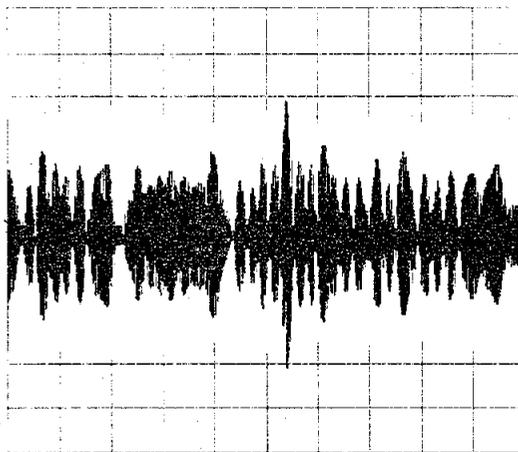


Figura 3-54 Forma de onda de la señal a la salida del excitador de RF.



3. "Sistemas de HDTV existentes."

3.5.17.-Constelación de la señal 8-VSB.

La representación grafica de la constelación de 8-VSB es muestrear la señal portadora en amplitud y fase a cada muestra en un intervalo de tiempo.

En 8-VSB, la información digital se transmite exclusivamente en amplitud sobre RF y no en la fase. Esto es al contrario de otra modulación digital, como QAM, donde cada punto en la constelación señalada es una cierta combinación del vector de amplitud del portador y fase. Un arreglo como QAM no sería posible en 8-VSB, la fase del portador tiene una longitud variable independiente considerando que se suprime la banda lateral inferior.

La constelación de la señal 8-VSB comparada con un 64-QAM muestra que los niveles son recuperados en una sola fase determinada por la sincronía, no se utiliza cuadratura y la constelación es por consiguiente una serie de ocho líneas verticales que corresponden a los ocho niveles de amplitud. Eliminando la dependencia de cuadratura y valores de ciertas fases por la mitad; el resultado es una reducción de los circuitos necesarios para la recepción y por lo tanto un reflejo en el costo del receptor.

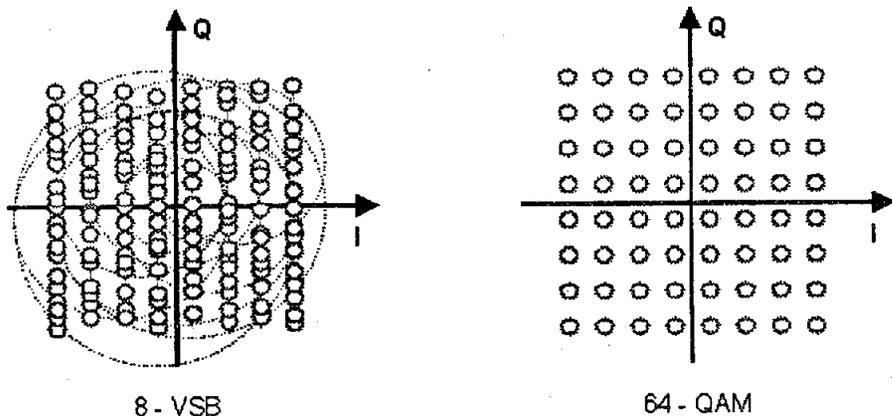


Figura 3-55 Constelación de las señales en 8VSB y 64QAM.

3.5.18.-Convertidor de subida y antena.

Después de los filtros Nyquist, la señal de frecuencia intermedia (FI) es convertida por circuitos oscilador-mezclador-filtro tradicionales a la frecuencia del canal asignada en UHF o VHF. El rendimiento de los excitadores de RF proporciona entonces al transmisor una señal de DTV. El transmisor es esencialmente un amplificador de RF tradicional de estado sólido o de cavidad. Se eleva la potencia de RF y se filtra la señal del transmisor, se suprime cualquier señal fuera de la banda causada principalmente por transmisores no lineales. El último eslabón en la cadena de transmisión es la antena que emite la señal de 8-VSB en todas las direcciones.



3. "Sistemas de HDTV existentes."

3.5.19.-Receptor.

En el receptor de la casa, la señal aérea es demodulada esencialmente aplicando de forma inversa los mismos procedimientos principales del transmisor. La señal de RF de la entrada se recibe y pasa al convertidor de bajada (down converter), se filtra, se recuperan los segmentos de sincronización de campo. Estos ayudan a la recuperación del clock del receptor y las sincronizaciones de campo se usan para la entrada de un igualador adaptable. Una vez que el canal de datos se ha recuperado, se descifra de la codificación Trellis, se desentrelaza y se descifra del Reed-Solomon, se quita la aleatorización y el resultado es la recuperación de los paquetes MPEG-2 originales. Los circuitos de decodificación MPEG-2 reconstruyen la imagen de video para el despliegue en la pantalla de la TELEVISIÓN y los circuitos Dolby AC-3 descifran la información y manejan los altavoces del receptor.

3.6.-Mapa del Mundo según los estándares de HDTV.

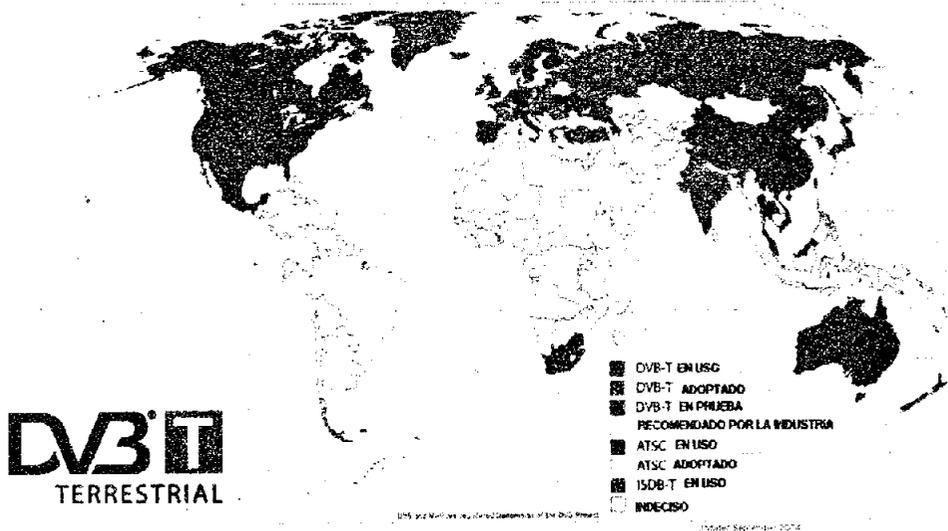
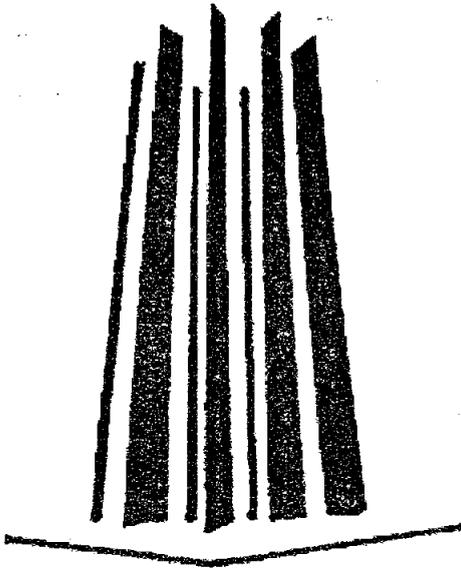


Figura 3-57. Mapa del Mundo según los estándares de HDTV.

Los países han decidido adoptar diferentes métodos de análisis para determinar cual de los tres sistemas HDTV es el que mejor se adapta a sus necesidades y perspectivas de desarrollo, las pruebas de estos son realizadas por las empresas de Teledifusión y en algunos casos subsidiadas por los gobiernos.

Los criterios son tan variados como las necesidades y características propias de cada país; en algunos casos ni siquiera se ha podido realizar pruebas por falta de recursos económicos y se han apoyado en las recomendaciones de países vecinos; en algunos otros casos, los grupos encargados de promover los estándares han ejercido presión hacia los gobiernos para que estos dicten la adopción de éste sin consulta de las empresas, trayendo consigo controversias y reclamos.



FES "ARAGÓN"

Capítulo 4



4. "Comparativa de los Sistemas de HDTV existentes"

Capítulo 4 "Comparativa de los sistemas de HDTV existentes."

4.1.-Comparativo de los sistemas de HDTV existentes

Hacia la evolución natural de los sistemas digitales, el mundo en general estudia, prueba y adopta el estándar comercial de HDTV que más conviene y satisface sus requerimientos muy característicos. Pudiéndose considerar como importantes varios aspectos de cada sistema, por encima de las ventajas tecnológicas que uno u otro pudieran presentar, existen factores que logran determinar la razón importante de la adopción de un sistema; tal es el caso de los países del continente Americano, donde la decisión de adoptar un sistema se ha vuelto una tarea difícil e incosteable para algunos, por lo que se han dejado llevar por las decisiones de algún país vecino (México, Canadá, Brasil o Argentina).

Para determinar las características que técnicamente ofrecen ventajas entre los diferentes sistemas de HDTV se describen las ventajas y deficiencias tomadas de los aspectos descritos en el capítulo anterior (ASTC-T, DVB-T e ISDB-T), el segundo aspecto importante a considerar son los resultados de pruebas realizados por algunos países del continente Americano; por último, serán considerados los aspectos económicos de la migración de un sistema de televisión analógico a digital; cabe señalar que todos los aspectos son considerados para determinar las características de la estación transmisora de señales de televisión de HDTV, debido básicamente a que la UIT en la norma 601 especifica los criterios de las señales de video y audio para todos los formatos de estudio (captura, almacenamiento y transporte hasta el lugar en que debe ser transmitido) y los sistemas en particular solo difieren de la forma en que realizan el transporte del Broadcasting hasta el usuario final. Dichos estándares, únicamente marcan las características técnicas de los sistemas de transmisión de señales digitales de servicios de televisión en formatos de alta definición (HDTV) y definición estándar (SDTV). Para el caso de producción, la UIT (Unión Internacional de Telecomunicaciones) ha definido el estándar de producción de programas de televisión de alta definición en 1080i (1080 líneas y 1920 columnas).

Si bien la implementación de un estándar de Televisión Digital Terrestre en muchos países es un proceso lento, y en otros países donde se ha elegido un estándar, la transición de la Televisión Analógica a la Digital no marcha al ritmo esperado, se prevé de todas maneras que en el periodo de 5 a 15 años esta nueva televisión sea adoptada por la mayoría de los países del mundo.

La transición hacia la TV digital puede ser comparada con lo que ocurrió con la llegada del CD, después de décadas del sistema analógico del vinilo. La diferencia para el usuario es la mejora en la calidad final del producto. La TV digital, además de la TV convencional, tiene otras opciones: HDTV, o TV de Alta Definición; múltiples canales en uno solo, con calidad de resolución intermedia; y suministro de servicios multimedia (TV interactiva, compras) de comunicación y entretenimiento.

A) Consideraciones técnicas.

Para abarcar este aspecto se desarrollaran las características de los sistemas y se marcaran las ventajas que estos representan a ciertas condiciones específicas, debido a que se deben ajustar algunos parámetros a las regiones donde se aplica el sistema; los criterios son resultado de las pruebas realizadas por equipos de los diferentes países junto con los miembros de los comités de cada uno de los sistemas en diferentes partes del mundo; por lo cual los sistemas presentaron comportamientos diferentes de acuerdo al lugar en que fueron analizados.



4. "Comparativa de los Sistemas de HDTV existentes"

Para Sistemas Digitales de Cable, el estándar "ATSC" propone utilizar la modulación 16-VSB. En la práctica los sistemas de cable de los EUA están utilizando la modulación 64QAM. Los estándares "DVB-T" y "ATSC", adoptaron la compresión de video y el multiplexado de las señales del estándar MPEG-2. Posteriormente, se desarrolló en Japón otro estándar de Televisión Digital Terrestre, denominado "ISDB-T". Este estándar, también toma como base a "MPEG-2" para la compresión de video y se basa en la modulación COFDM del estándar "DVB-T". Sin embargo, el "ISDB-T" tiene diferencias significativas con respecto al europeo "DVB-T". Mientras que la Televisión Digital en los Estudios, ha adoptado el formato SDI/270 Mbps en 625/50 y 525/60, para la Transmisión en formato Digital el panorama es diferente. Ello es debido a que en la actualidad, tenemos tres estándares de Televisión Digital Terrestre, nuevamente y desde el inicio, no ha habido una unificación de criterios en el Mundo, para el desarrollo de un único estándar para la transmisión de Televisión Digital. Esto, nos recuerda un poco la diversidad de criterios, desarrollados con los sistemas de Televisión Analógica NTSC, PAL y SECAM.

4.1.1.-Aspectos significativos ISDB-T.

Japón ha desarrollado para la Televisión Digital Terrestre (DTT) el estándar de transmisión ISDB-T; este es el más joven de los HDTV y ya ha sido terminado. En 1998 se habían implantado estaciones de transmisión piloto en las once mayores áreas urbanas de Japón para confirmar la viabilidad de ISDB-T en ambientes de transmisión reales. Se llevaron a cabo en cada ciudad varios tipos de ensayos de servicio. Las once áreas de pruebas fueron: Tokio, Hokkaido, Región de Tohoku, Región de Tokai, Región de Kinki, Región de Chugoku, Shikoku, Kyushu, Región de Shin-Etsu, Región de Hokuriku y Periferias de Okinawa. Posterior al análisis de resultados y adecuaciones se continuó con el proceso de dictaminar las normas no gubernamentales para Broadcasting terrestre digital, las cuales fueron establecidas por ARIB (Asociación de Industrias y Negocios de la Radio) a finales del 2003. ARIB fue designado por El Ministro de Correos y Telecomunicaciones como "el Centro de Realización para el Uso Eficaz de Espectro de Radio". Las normas de los receptores y las pautas operacionales, acercaron a las partes interesadas, que son los fabricantes, los Broadcasters y los consumidores. Antes de esto, Japón tenía ya una TV digital estándar, llamada CS y basada en DVB, apoyada en los TS (sólo para el canal del transporte), y ofrecía hasta 42 MBit/s en un canal de 27 Mhz. El esquema de la modulación era QPSK, apenas como en DVB-S.

De modo similar a DVB, ISDB se apoya de 3 sub-estándares: ISDB-S para la TV digital vía satélite, ISDB-C para el cable e ISDB-T para las difusiones terrestres. Las aplicaciones MPEG-2 de video son manejadas por una corriente de transporte MPEG-2 (TS para la transmisión). El audio es MPEG-2 AAC y marca el primer uso extenso del estándar de codificación del audio de AAC. Cuando está transmitido el satélite excesivo, ISDB-S utiliza 8PSK para la modulación de la señal y permite un bit-rate de hasta 52 Mbit/s al ser difundido por un estándar spreader de 36 megaciclos.

ISDB-T utiliza un ancho de banda de 5.6 megaciclos (aunque el estándar también cubre la anchura de banda de 6, 7 y 8 megaciclos) y divide la anchura de banda en 13 segmentos de OFDM (por lo tanto OFDM es el esquema de la modulación usado). Los segmentos de OFDM se pueden dividir en hasta tres grupos del segmento que tienen diversos parámetros de la transmisión. Usando la segmentación, una transmisión jerárquica es posible, permitiendo a receptores de banda estrecha conseguir una señal útil de recibir apenas una sola capa. Es decir el mismo programa puede ser difundido en diversas resoluciones, y un receptor móvil permitiría un cuadro de resolución estándar, mientras que un receptor inmóvil más de gran alcance podría mostrar un cuadro de HDTV.



4. "Comparativa de los Sistemas de HDTV existentes"

Por esta razón se deben manejar diferentes resoluciones y framerates, para el estándar ISDB-T se permiten 1920x1080 entrelazado (y progresivo) en formato 16:9, 1280x730 en 16:9 (720 progresivo), 720x480 en modo progresivo y entrelazado en el modo de 16:9 y 4:3.

Un sistema de transmisión jerárquica permite distribuir diferentes tipos de información en un mismo canal (procedimiento parecido a la multiplexión), en este caso, se montan diferentes servicios o de diferente calidad en el mismo espacio de transporte. Las transmisiones de televisión pueden ser enviadas en formatos compatibles de diferentes calidades: HDTV, ETV DTV y así los servicios de televisión de baja calidad pueden ser recibidos en receptores denominados de Banda reducida: (Teléfonos, PDAs, etc.). Los servicios de banda reducida pueden ser muy variados y el costo de los receptores de banda reducida es menor a los receptores de banda amplia. Además de los servicios de televisión se han adoptado servicios de audio, Internet, etc., en lo que considera puede ser una conectividad entre el Broadcasting y el receptor.

La recepción portable y móvil que permite el estándar ISDB-T lo hace apto para todo tipo de servicios móviles. Ya sea receptores instalados en los mismos o para ver programas en la pantalla de los celulares mientras se viaja a gran velocidad. Se consideró de alta importancia la recepción portable y móvil, al igual que el estándar DVB-T. Esta tecnología permite recibir señales de Televisión Digital en receptores instalados en sistemas móviles como pueden ser trenes, autobuses de largos recorridos, automóviles, etc, y las imágenes son recibidas en este estándar con excelente estabilidad y calidad, como si fueran recibidas en receptores fijos. ISDB-T adopta el time interleaving que es una tecnología clave para la recepción móvil y también eficaz para soportar el ruido impulsivo. La flexibilidad y la mejor recepción móvil de ISDB-T podría ser un arma poderosa de los Broadcasters para competir con las empresas de cables. Razón por la que los fabricantes de celulares como NEC están adecuando su tecnología para permitir ver estos programas en sus celulares, en Japón se pueden ver programas de Televisión Digital Estándar en la pantalla de los celulares desde el año pasado.

Debido a la cantidad de servicios que ocupan su espectro de frecuencia, Japón adoptó el sistema de SNF (red de Frecuencia Única) para administrar mejor su espectro, esto permite retransmitir la señal en la misma frecuencia dentro de todo el país. Se podría considerar que ISDB-T es el mejor sistema que proporciona todas las funciones requeridas para DTTV. La calidad de cuadro es ciertamente importante, para lograr la mejor calidad es necesaria una muy alta tasa de bits. Sin embargo, el cliente prefiere mejores servicios por sobre la muy alta calidad de imagen y los Broadcasters podrían responder flexiblemente a los requisitos del cliente usando el ISDB-T. Aquí se puede cuestionar que tan importante es la recepción móvil como para sacrificar la calidad y cantidad de información; pero ISDB-T puede ofrecer ambas dependiendo de lo que se requiera con un pequeño cambio de tipo de transmisión sin que se requiera reiniciar el equipo, este es el estándar que intenta satisfacer todos los requisitos tanto del Broadcaster como del usuario final.

El estándar fue probado y adoptado en Japón, también se han realizado pruebas en Singapur (1998) donde ISDB-T mostró los mejores resultados por encima de DVB y ATSC, sin embargo, Singapur no escogió ISDB-T porque el receptor de ISDB-T no estaba disponible en el mercado en el primer cuatrimestre del 2000, Hong Kong (1999) donde también obtuvo resultados superiores a sus dos competidores americano y Europeo, China (2000), Brasil (2000) que era el punto importante para la elección del Mercosur, donde las pruebas realizadas en recepción móvil y sobre ruido impulsivo pusieron más en evidencia la superioridad del ISBB-T. De las pruebas de Brasil se espera demasiado ya que comprende una economía a gran escala por lo que este bloque económico representa. El grupo SET/ABERT de Brasil de manera seria, justa, y abierta en las pruebas de comparación de los tres sistemas de transmisión de Televisión Terrestre Digital



4. "Comparativa de los Sistemas de HDTV existentes"

(DTTB), entrego resultados para muchos países que planean empezar servicios de DTTB en el futuro cercano y quieren saber cómo operan estos sistemas bajo las condiciones de la transmisión terrestres reales. Los resultados de pruebas brasileñas brindarán información útil para seleccionar el sistema más apropiado para cada situación. Es muy importante la adopción de una misma norma en todo el Mercosur, hablando en términos generales, no puede cambiarse fácilmente la norma de la transmisión una vez iniciado el lanzamiento del Broadcasting digital. Por consiguiente, se exige mucha discreción al seleccionar la norma. La reconsideración por parte de Argentina sobre la elección de la norma de DTV es todo un desafío debido a sus relaciones con otras naciones de la región para elegir la norma de DTV más adecuada para la zona

Descripción de equipo.	Costo (miles)
Receptor del satélite, Demodulador, Decodificador,	\$13.5
Generador de señal, con intervalo de guarda. Dos unidades para rack de 28"	\$130.0
Sistema de control y equipo de switcheo (10 x 10)	\$90.0
2 grabadores de videotape.	\$170.0
Convertidores de subida NTSC, un adicional	\$19.0
Convertidor de bajada de HDTV a NTSC	\$15.0
Monitor de 34", 8 Decodificadores,	\$140.0
Codificador HDTV	\$350.0
Subsistema de STL (Link de Estudio-Transmisor)	\$100.0
Modulador-Demodulador de HDTV, Excitador HDTV.	\$60.0
Sub sistema de Transmisión HDTV ATSC-T	\$640.0
Sub-sistema de acceso restringido.	\$110.0
COSTO TOTAL	\$1,837.0

Tabla 4-1. Costo de Equipos de una Transmisora de HDTV durante la transición (en dólares).

Subsistema requerido	34" Widescreen TRC	56" Widescreen LCD
Equipo receptor de DVB	\$900	\$1100
Amplificadores de Audio, Bocinas auxiliares	\$30	\$30
Tarjeta de acceso restringido y renta mensual	\$12	\$12
Costo total del equipo	\$942	\$1142

Tabla 4-2. Datos del costo materiales para un HDTV receptor (en dólares).



4. "Comparativa de los Sistemas de HDTV existentes"

4.1.2.- Aspectos significativos de DVB-T.

La norma de Televisión Digital Europea DVB-T ofrece soluciones probadas y utilizadas en muchos países del Viejo Continente donde prevalecen las topografías más variadas, se incluyen los desarrollos para cable (DVB-C) y televisión satelital (DVB-S). El sistema tiene condiciones de atender tanto las exigencias de mejorar o por lo menos, replicar la recepción de los canales actuales analógicos, permitiendo el transporte de señales HDTV, además de agregar nuevas aplicaciones para los radiodifusores locales; aspira al crecimiento de una televisión digital terrestre integrada con el cable y el satélite, con quienes compite cabeza a cabeza desde hace años, que sea interactiva y accesible a la mayor cantidad posible de personas, además debemos considerar la madurez tecnológica producto de la experiencia en más de 50 países. Ser la primera experiencia de TV digital en el mundo advirtió sobre la necesidad de planificar los nuevos servicios acorde con la posibilidad de financiar los proyectos. Es decir que el primer paso para el arraigo del modelo digital en un país radicaría en ver los costos por televidente, a quienes DVB se encargó de educar para la compra de sus productos.

Esta norma fue creada para ofrecer las posibilidades de la televisión interactiva y el comercio electrónico, desmerece la alta definición y asegura que un sistema debe tener la opción móvil a futuro, confiando en la postura de mercado de equipos a bajo costo, el cual será el éxito del cambio digital integrado e interactivo, se ve la falta de interés en Europa por la alta definición determinando que es un modelo que encarece los costos y el producto no se hace atractivo a la mayoría; El éxito del servicio estará garantizado si la gente compra los receptores con un costo bajo, como lo es hoy el de los modelos de definición estándar promovidos. La elección de alta definición a veces tiene que ver con la necesidad de ocupar al máximo el ancho de banda posible y acaparar espectro, cuestiones que no tienen nada que ver con el interés del televidente, se cree que no existe necesidad en el mundo de alta definición porque nadie la va a poder pagar, igual DVB puede proveerla a través de la modulación jerárquica, pero tiene que ver con el esquema empresarial de cada país, y en Europa no es necesaria. Considerando lo anterior, el desarrollo del estándar debe estar planteado en las necesidades actuales y considerando la ampliación o adecuación en un futuro ya que este sistema debe durar al menos 50 años, por lo que no hay que cerrar las puertas a las innovaciones que ya se están planeando en el contexto de la TV no terrestre, aunado a que deben competir con el cable y satélite.

El DVB es flexible en cuanto a la modulación, puede transmitir en 2 k u 8 k. Esto permite que el tren de transmisión cambie en sus características de acuerdo con la robustez que se le quiera dar a la transmisión, aunque con una mayor robustez se pierda capacidad de datos del sistema. Si se hace muy robusto para que acepte rebotes y movimientos, la señal va a ser más lenta. En vez de hacerlo en 19.4 megabits la transmisión queda en 10 o 7 megabits. Gana en capacidad de transmisión, pierde en la cantidad de cosas que transmite; el sistema de red de frecuencia única (Single Frequency Network) que mantiene DVB como una solución permite la eficiencia del espectro y evita el caos que enfrentan hoy los gobiernos en vías de su planificación. También el DVB con su tren de datos permite tener un efecto dopler y un efecto fantasma que en un objeto en movimiento lo podría soportar. En una ciudad no se va tener un único transmisor, sino un sinnúmero de transmisores distribuidos estratégicamente; otra ventaja del DVB es que modula la señal digital de una manera perfecta, de tal modo que puede haber televisión digital móvil, transmitida a una pantalla en un auto o un tren en movimiento; por esa modulación, con una antena económica en la TV ubicada en una casa de familia provista de un set-top box que convierte la señal a la TV, la recepción no tiene un mínimo de distorsión; en cambio en el sistema ATSC, un pequeño movimiento en la antena interfiere en la transmisión. En Europa la experiencia con la TV digital no ha tenido ningún tipo de quejas



4. "Comparativa de los Sistemas de HDTV existentes"

parecidas a las presentadas a la FCC en 2000, y la BBC transmite digitalmente sin inconvenientes, con 10 millones de set-top boxes vendidos hasta el momento.

El sistema de transmisión es independiente a la programación que se utiliza, cualquier programación se puede adaptar al DVB; el 50 por ciento de la programación en Australia es proveniente de los Estados Unidos, pero eso no impide entrar con un sistema DVB de transmisión, o sea que no tiene nada que ver la relación de intenso consumo que mantienen los países con EUA en materia de contenidos con la adopción del estándar HDTV.

Con 80 sitios de transmisión a través de 6 redes digitales coexistentes con las analógicas, la TV digital cubre el 80% del territorio británico, donde en dos años y medio de permanencia, más de 1.500.000 televidentes optaron por la calidad, ancho de banda y flexibilidad de DVB, la ventaja del sistema Americano en cuanto a la potencia es uno de los tantos datos erróneos que quieren imponer por el evidente fracaso, no sólo esta norma carece de problemas con la potencia, sino que es verdaderamente un sistema flexible a todas las aplicaciones de servicios interactivos que demanda el futuro, cabe recordar que en las pruebas se utilizaron transmisores únicos y no un sistema de distribución en células que es el esquema apropiado para CODFM.

Todos los países que eligen el DVB lo hacen luego de largas pruebas técnicas, en cambio, los que hasta ahora han optado por el ATSC, lo han hecho, como Argentina, cediendo a presiones. Estos países son hasta ahora Taiwán, Corea del Sur y Canadá. En cambio todos los países Europeos, Australia y Singapur optaron por el DVB luego de las pruebas técnicas comparativas correspondientes. El gobierno australiano realizó pruebas comparativas durante un año, al final, se quedó con el DVB; en su conclusión, los técnicos australianos explicaron estar convencidos de la conveniencia del sistema DVB, pero reconocieron algunas ventajas del ATSC, como por ejemplo la excelencia del sonido Dolby AC-3. Pocos meses después la empresa Dolby hizo los primeros movimientos para abandonar el ATSC y unirse al DVB.

En relación a la existencia del aumento de costo por cambiar de 8Mhz (sistema europeo) a 6Mhz para equipos en Latinoamérica no es cierto; de hecho ya existe equipamiento a nivel comercial de bajo costo que se puede conectar a los monitores existentes. Es un error considerar que DVB no puede trabajar en 6 Mhz para países como México, es inherente a la norma y da ventajas en el intervalo de guardia, haciendo más larga la señal e incluso generando una mejor relación de carga que en Europa.

Dentro de los Estados Unidos hubo dificultades en la introducción del sistema, donde el primer sistema fue introducido en noviembre de 1998, al mismo tiempo que en gran Bretaña; ahora hay casi 1'500,000 de receptores en este país, mientras que en Estados Unidos (donde hay cerca de 280 millones de habitantes) los receptores son apenas entre 50,000 y 100,000. Se vendieron cerca de 1'000,000 de receptores para ATSC que en realidad son para DVD con salida compatible. Los receptores se comercializan a bajo costo en una economía a gran escala que EUA no tiene porque sólo vendieron entre 50 y 100 mil televisores frente a más de 1 millón y medio que se tienen solo en Inglaterra. Con respecto a los altos costos de la TV de alta definición, ya hay noticias de que en China se están preparando para fabricar equipos ATSC a un costo muy inferior al actual, que de todos modos sigue siendo muy alto en comparación con el DVB. El sistema europeo permite ver TV digital estándar con los televisores analógicos más un set-top box que cuesta sólo 400 pesos, contra los 1,500 de los sistemas ATSC.

De los países que han probado los distintos sistemas, a casi todos les ha resultado mejor el DVB y no reportaron que alguno haya elegido ATSC. Taiwán fue uno de los primeros países en elegir ATSC y



4. "Comparativa de los Sistemas de HDTV existentes"

Argentina, por escuchar la decisión del país asiático, también se sumó a la norma norteamericana. Taiwán lo cambió por DVB, a algunos operadores les convino el ancho de banda que tiene el ATSC, la televisión estándar que propone el DVB podría permitir hasta 60 canales, con lo que muchos nuevos operadores podrían entrar al negocio. Pero con la elección del ATSC las emisiones digitales evitan que nuevos operadores puedan participar del negocio de la TV digital. En Brasil desde hace años se estaban haciendo pruebas comparativas similares a las de Australia y al final resulto DVB el sistema elegido. El Anatel (Administración Nacional de Telecomunicaciones), a través de Renato Guerreiro, presidente de ésta, envió una carta a la administración argentina explicando que con la elección argentina por el ATSC se creaba una crisis entre los dos países, en contra de lo acordado por los cuatro países del Mercosur cuatro años atrás (2001) pactando una norma común de TV digital. Actualmente los países vecinos Brasil y Chile eligieron la norma DBV (Digital Broadcasting Video) desarrollada en Europa. Se considera que esto deberá crear una propuesta para el consumidor, un plan de negocios, maximizar las ventajas únicas y promover un mercado horizontal a la medida de la gente, al momento de la elección pesan factores como los comerciales, políticos, técnicos y de entorno socio-cultural, ningún país puede desconocer que DVB apuesta al futuro de la TV móvil, algo que ATSC aún critica (pero lo están desarrollando).

Descripción de equipo.	Costo (miles)
Receptor del satélite, Demodulator, Decodificador,	\$13.5
Generador de señal, con intervalo de guarda. Dos unidades para rack de 28"	\$200.0
Sistema de control y equipo de switcheo (10 x 10)	\$125.0
2 grabadores de videotape.	\$170.0
Convertidores de subida NTSC, un adicional	\$19.0
Convertidor de bajada de HDTV a NTSC	\$15.0
Monitor de 34", 8 Decodificadores,	\$120.0
Codificador HDTV	\$380.0
Subsistema de STL (Link de Estudio-Transmisor)	\$100.0
Modulador-Demodulador de HDTV, Excitador HDTV.	\$42.0
Sub sistema de Transmisión HDTV DVB-T	\$630.5
Sub-sistema de acceso restringido.	128.0
COSTO TOTAL	\$1,943.0

Tabla 4-3. Costo de Equipos de una Transmisora de HDTV durante la transición (en dólares).

Subsistema requerido	34" Widescreen TRC	56" Widescreen LCD
Equipo receptor de DVB	\$950	\$1200
Amplificadores de Audio, Bocinas auxiliares	\$30	\$30
Tarjeta de acceso restringido y renta mensual	\$18	\$18
Costo total del equipo	\$998	\$1248

Tabla 4-4. Datos del costo materiales para un HDTV receptor (en dólares).



4. "Comparativa de los Sistemas de HDTV existentes"

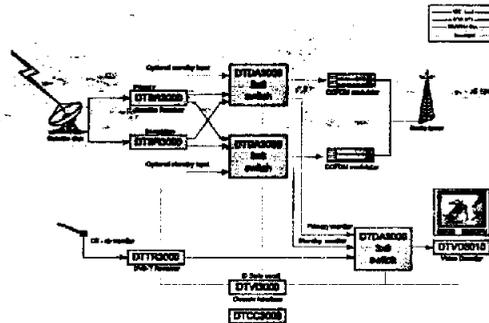


Figura 4-1. Diagrama de una estación de transición a HDTV

A) Innovaciones a la Norma.

Lanzamiento de MHP (Multimedia Home Platform), diseñada para atender la convergencia entre teledifusión, telecomunicaciones y tecnologías informáticas. Las siglas se refieren a Digital Video Broadcast Handheld o sea sistemas portables que emplean el estándar DVB. El DVB-H ha despertado un gran interés en el mundo de las telecomunicaciones, ya que permite utilizar todo tipo de equipos portables y móviles como son Notebooks, teléfonos celulares, Palms, PDA's etc., con excelente performance y alta velocidad de datos. Se prevé la utilización de este estándar en equipos móviles a comienzos del año 2005. Este estándar promete ser una poderosa herramienta de comunicaciones en países que emplean el estándar DVB-T, (por ejemplo Europa, Australia, etc.). DVB-H tiene baja inmunidad a interferencias por ruido impulsivo y opera en modo 4K (3409 portadoras). Este modo es un compromiso entre los modos 2k y 8k empleados en DVB-T.

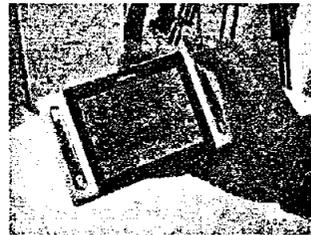
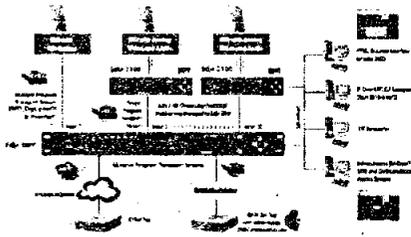


Figura 4-2. Diagrama de un sistema de transmisión DVB y fotografía de un celular Siemens con servicio de TV.

DVB-H es compatible con el estándar aéreo terrestre DVB-T con canales de 6, 7 y 8 MHz. Otra de las ventajas es que el Broadcaster puede tener dos servicios simultáneos o sea (DVB-T y DVB-H) en el mismo multiplex. Las pruebas que se están realizando en Alemania (Berlín), Finlandia (Helsinki) y EUA (Pittsburgh) son promisorias; cabe mencionar que el pasado mes de Junio se estrenó mundialmente el Episodio III, la última secuela de la Guerra de las Galaxias, la saga que ha marcado como revolucionaria y futurista desde su primer filme hace más de 28 años; siempre dotadas de la mayor cantidad de efectos especiales y la tecnología plus ultra para realizarlos, la película siempre se disfruta en un ambiente como el que ofrece el cine; esta vez, Irlanda retrasó una semana el lanzamiento mundial para poder reemplazar los proyectores de 35 mm de las salas de cine por una computadora cuyo servidor bajó la película del satélite para proyectarla en Alta Definición.



4. "Comparativa de los Sistemas de HDTV existentes"

4.1.3 Aspectos significativos de ATSC-T.

La norma americana ATSC, concentra sus virtudes en la transmisión terrestre a largas distancias y el desarrollo avanzado para HDTV en transmisiones fijas, no cuenta con las fortalezas de los otros sistemas para la transmisión móvil, nicho de negocios muy atractivo para los canales de televisión que aguardan con esperanza la posibilidad de ampliar y extender sus opciones comerciales y de servicio a través de los nuevos medios, no atiende técnicamente las necesidades mínimas para la preservación del servicio de radiodifusión de sonidos e imágenes principalmente debido a su baja robustez en largos recorridos y a su baja flexibilidad, comparado con el sistema DVB-T.

Destaca la aplicación de alta definición como valor significativo frente al sistema europeo, que no lo ofrece; la ventaja para los países que opten por ATSC radicarán en la posibilidad de empezar las transmisiones en estándar y pasar a Alta Definición sin inconvenientes.

ATSC utiliza el sistema de audio multicanal Dolby Digital, el AC-3 con calidad de sonido de CD, (Ahora el sistema europeo puede incluirlo). Ofrece la gama de servicios como el Datacasting, que consiste en aprovechar el flujo de bits para distribuir datos, entre ellos Internet, además garantiza la interactividad entre la televisión y la computadora en el futuro de la programación (maneja protocolos en las capas de ATM). La idea de despejar dudas sobre la inutilidad del ATSC para el modelo de negocios móviles se respalda en la existencia de un creciente interés de algunas emisoras por los servicios móviles, los representantes americanos desmerecieron este mercado en relación a su potencial crecimiento, con la publicidad en la TV actual se tiene un estado pasivo para recibir publicidad subliminal y si uno se está moviendo, su atención no está en forma subliminal sobre lo que muestra el televisor. Por lo tanto, la publicidad puede no llegar, al publicista no le interesa esto, le interesa que la gente consuma el producto que ofrece sentado tranquilo en su casa.

Y en un marco contradictorio, aseguraron que terminarían de definir su aplicación a ATSC para mediados de 2002, el servicio móvil reduce la tasa de datos transmitida; exige una arquitectura diferente con impacto en los costos de emisoras; sacrifica calidad y cantidad de servicios y compromete la entrega de TV abierta; recepción no viable cerca de edificios; problemas ambientales y competencia desleal con otros proveedores terrestres (pero igual lo pondrán en práctica).

El sistema de modulación para la transmisión es VSB, los americanos sostienen que proporciona mayor cobertura; menos interferencia en las transmisiones existentes de TV analógica; proporciona mayores asignaciones de canales; es más inmune a los ruidos impulsivos y mejora la utilización del espectro con un entrelazado corto y fijo.

La opción lógica para Latinoamérica es ATSC para la integración americana, entre los puntos más salientes de las justificaciones, aparecen los equipos en 6 Mhz, como en el resto de los países americanos. El DVB europeo aparece en este formato pero son predominantemente diseñados en 8Mhz, otra desventaja para los países con 6 Mhz no disponer de más ancho de banda para proporcionar protección contra errores, algo que requiere el COFDM.

Entre los puntos más destacados sobre la extensión de la cobertura geográfica y sus aplicaciones flexibles, el sistema COFDM tiene menor área de servicio geográfico, lo que dificulta la llegada en países grandes como México e imposibilita la llegada a segmentos más pobres, que son quienes más confían en la TV abierta. EL COFDM requiere más potencia para alcanzar la cobertura del VSB americano, lo que causaría



4. "Comparativa de los Sistemas de HDTV existentes"

más interferencias en el servicio analógico y menos espacio para canales digitales, las variaciones en las condiciones de propagación pueden ser superadas con aumento de potencia, a la vez que con el funcionamiento del filtro de máscara, se pueden verificar multitrayectos en áreas conflictivas, densamente edificadas y con dificultades de propagación.

La adopción de un estándar único reflejaría mejores oportunidades de exportación para los fabricantes latinos ya que se creará un mercado de 800 millones de personas, beneficios para consumidores, emisoras y gobiernos; más inversión, desarrollo y disposición de una amplia gama de productos a precios más bajos, servicios innovadores de transmisión de datos e interactivos, beneficios en la contratación de programación y consumidores de productos norteamericanos a gran escala para televisión.

La realidad económica que impera en gran parte de los países Americanos es que no poseen los recursos económicos para implementar un sistema de pruebas y deben respaldarse en las experiencias de otros países, para los usuarios se considera utilizar la enorme capacidad de transmisión de datos para que la TV digital abierta sea un medio eficaz para el acceso a la información de hogares carentes y llevará servicios a personas que tal vez nunca tendrán computadoras de forma gratuita.

Resaltando el avance de la TV digital en Estados Unidos, existen 210 estaciones transmitiendo y cubren el 70% de los hogares en 71 mercados potenciales. Los fabricantes desarrollaron 256 modelos de monitores y 24 de Set Top Boxes, los cuales experimentaron una baja en los precios del 50% en los últimos dos años. La TV digital generó en los Estados Unidos 243 millones de dólares en inversiones y aumentará las ventas en un 95%, con un crecimiento del 2 al 3% mensual. La venta de televisores en 2001 superó el millón de unidades, se estima que para 2004 existen más de 4 millones de televisores y los precios que bajaron hasta un 50% en dos años llegaron a igualar a uno analógico con el tiempo, en Estados Unidos la televisión es libre por ley por lo que así deberá ser para todos los que adopten el sistema, deberán absorber solo el costo del receptor y no del servicio.

Canadá utiliza servicios de TV digital; México efectúa transmisiones experimentales y desarrollo su plan de implementación que comenzará en 2006; Corea transmite desde el año pasado; Filipinas optará lógicamente por la norma y China jamás adoptó ATSC por desarrollar su propia norma. Taiwán adoptó la norma y después de las pruebas cambio por DVB y relativizaron la justificación Argentina sobre este punto para elegir la norma. Argentina está supeditado al estándar que elija como definitivo Estados Unidos, porque sigue vigente la resolución 2357/98 dictada por Germán Kammerath en la que, sin que se haya realizado prueba alguna, el país optaba la norma ATSC, impulsada por un grupo tecnológico liderado por los americanos, el consejo directivo de CAPER como la Asociación de Teleriodifusoras Argentinas (ATA) coinciden en apoyar el sistema americano. Todos los sistemas cuentan con virtudes y defectos que no los descalifican pero que sí deben ser probadas en condiciones específicas para determinar cuál puede ser la más conveniente para un país u otro, no quiere decir esto, que cada país busque la opción para sí mismo y que en este proceso vuelvan a suceder cosas como las que derivaron en países como Argentina y Brasil, en un sistema de televisión analógico PAL-M que no se encuentra en otros países en el continente Americano.

Los países latinoamericanos no están dispuestos a hacer evaluaciones de la misma manera que Brasil. La posición de estas empresas privadas es que sean las propias potencias que los desarrollaron las que encuentren la solución a los problemas que se presentan en cada país, si bien el escenario internacional presenta numerosos avances tecnológicos existe también la misma cantidad de problemas técnicos que aún están a media recta de madurar, incluso en las naciones más desarrolladas del planeta; por ejemplo, el



4. "Comparativa de los Sistemas de HDTV existentes"

sistema americano tiene problemas y están viendo de qué manera lo pueden robustecer, lo harán con su propio dinero, tendrán que mejorar todo si quieren que el continente tenga el mismo sistema. El conflicto comienza en sus propios mercados; por eso, ellos lo tienen que resolver allá. Brasil para hacer las pruebas tuvo que invertir 3 millones de dólares, apoyando la iniciativa del estándar único, si el sistema DVB-T (Europeo) fuera adoptado en Brasil, sería un sistema híbrido, como la actual PAL-M. Se crea así una reserva de mercado para fabricantes locales. Los receptores de Europa no podrán ser usados en Brasil (la banda es de 7 y 8 Mhz, y la brasileña es de 6 Mhz). Brasil es el único que usa el sistema de colores PAL-M, ya que Estados Unidos y Japón usan NTSC.

Lo mejor sería tener el mismo sistema para toda América, de 6 MHz, curiosamente el ATSC; sería lo ideal, pero hay diferencias en función de cada geografía y economía regional. Esta unificación continental crearía un modelo económico que estaría acelerando el mismo sistema de Estados Unidos, todos los productos se hacen para la norma NTSC y si se elige algo raro hoy, no existe ninguna garantía que desde ahí vayan a aparecer los subproductos con el correr del tiempo. Es preferible adaptarse a la norma americana con todas las implicaciones que conlleva, en vez de tener una norma aparentemente más flexible pero que es sólo para dos países.

Costo a las Programadoras

Los costos estimados de los equipos para una estación de transición de HDTV están en la tabla 4-5. El costo total de la estación de transición fue estimado de \$1,785,500.dólares El costo total de una estación mínima fue estimado en \$1,169,100 dólares

Descripción de equipo.	Costo (miles)
Receptor del satélite, Demodulador, Decodificador,	\$13.5
Generador de señal, con intervalo de guarda. Dos unidades para rack de 28"	\$200.0
Sistema de control y equipo de switcheo (10 x 10)	\$125.0
2 grabadores de videotape.	\$170.0
Convertidores de subida NTSC, un adicional	\$19.0
Convertidor de bajada de HDTV a NTSC	\$15.0
Monitor de 17"	
Monitor de 34", 8 Decodificadores,	\$110.0
Codificador HDTV	\$280.0
Subsistema de STL (Link de Estudio-Transmisor)	\$92.5
Modulador-Demodulador de HDTV, Excitador HDTV.	\$35.0
Sub-sistema de Transmisión HDTV	\$725.5
COSTO TOTAL	\$1,785.5

Tabla 4-5. Costo de Equipos de una Transmisora de HDTV durante la transición (en dólares).



4. "Comparativa de los Sistemas de HDTV existentes"

3 Costo a los Consumidores

Los datos del costo materiales estimados para un receptor de HDTV se muestra en la siguiente tabla.

Subsistema requerido	34" Widescreen TRC	56" Widescreen LCD
Componentes de recepción de señal	\$127	\$127
Amplificadores de Audio, Bocinas auxiliares	\$30	\$30
Despliegue de Imagen	\$700	\$1,050
Armario	\$90	\$140
Fuente de alimentación, Decodificadores, etc	\$60	\$60
TOTAL DEL COSTO EQUIPO	\$1,006	\$1,522

Tabla 4-6. Datos del costo materiales para un HDTV receptor (en dólares).

Usando un multiplicador 2.5, el precio del menudeo estimado resulta para un receptor de HDTV en \$2,515 para el de 34" y \$3,805 para un receptor de 56" tipo LCD.

C) Dificultades del sistema de transmisión ATSC

El origen de las decisiones suspendidas por parte de los países que consideraban adoptar un sistema de HDTV se acrecentó cuando La Asociación Nacional de Telerradiodifusores de los EUA solicitó a la Comisión Federal de Comunicaciones (FCC) que estableciera un estándar de calidad para la próxima generación de televisores digitales, debido a los graves problemas que se presentaban con los actuales. Las estaciones que empezaron a transmitir con la nueva tecnología digital descubrieron un serio defecto que no había sido detectado en los 10 años de investigación y desarrollo, y que habían costado más de 500 millones de dólares.

Se comprobó que los aparatos High-Tech de TV digital (\$5,000 dólares) tenían dificultad para captar bien las señales, a menos que contaran con una antena directamente orientada a la torre de transmisión de la estación. El grupo americano Sinclair Broadcasting, salió a decir que ese problema era imposible de resolver, mientras no se modificara el estándar estadounidense de transmisión (denominado 8VSB) y se adoptara, en su reemplazo, el europeo-japonés conocido como COFDM. Esto no debe ser confundido con la norma de transmisión, lo que se cuestiona son elementos técnicos vinculados a la norma.

La Asociación de Fabricantes de Electrodomésticos norteamericana no vio con buenos ojos el reclamo ante la FCC y dijo que era muy prematuro imponer regulaciones sobre los estándares de transmisión, y aseguró que la calidad mejoraría a medida que pasara el tiempo, simultáneamente a la reducción del precio de los aparatos. El 11 de enero en el centro de convenciones de Ronald Reagan, se entregaron los resultados de las pruebas de comparación entre 8-VSB y COFDM después de 19 meses, conducidas por el grupo Sinclair Broadcast y realizadas en el 2000. Determinaron que la FCC no pudo encontrar ningún argumento político o técnico para poner en marcha el formato de HDTV con un proceso para incluir la opción de COFDM.

Los resultados de las pruebas eran los siguientes: A 30 pies de altura de la antena de recepción, 8VSB fue recibido con éxito en un mayor porcentaje de sitios que COFDM para cuatro estaciones, lo cual se reflejaba en todas las distancias del transmisor (rejillas, racimos, arcos y partes radiales extendidas) hasta las distancias más lejanas medidas del transmisor (55 millas).



4. "Comparativa de los Sistemas de HDTV existentes"

A 6 pies de altura de la antena de recepción, usando una antena simple, COFDM fue recibido con éxito en un mayor porcentaje de sitios que 8VSB para las cuatro estaciones. Esto era verdad para los sitios cerca de los transmisores (las rejillas y los racimos). En mayores distancias del transmisor (arcos), el funcionamiento estaba muy cercano entre los dos sistemas. La recepción acertada de cualquier sistema fue alcanzada en menos del 50% de sitios, que era decepcionante.

Para las medidas de interior, el porcentaje de la recepción acertada era similar para 8VSB y COFDM; Alcanzaron la recepción de interior acertada en el solamente cerca de 30% de sitios que se probaron. Debido a la direccionalidad y el aumento de la antena usada en 30 pies, los datos de 6 pies son más representativos de una experiencia de espectador con una antena simple.

Pruebas en Cleveland (VHF bajo). A 30 pies de altura de la antena de recepción, 8VSB fue recibido con éxito en un mayor porcentaje de sitios que COFDM. 8VSB se desempeño mejor que COFDM más lejos del transmisor (para las partes radiales y los arcos de 25 y 50 millas). COFDM se desempeño mejor que 8VSB más cercano al transmisor (rejillas).

Los datos confirmaron la diferencia teórica del funcionamiento del portador-a-ruido alrededor de una ventaja de 4dB de 8VSB sobre COFDM. No se realizaron cambios y las instalaciones donde estaría funcionando actualmente el transmisor usando COFDM reduciría la población total de visión de DTV por 5.9% y el área de servicio por 13.9%, comparado a 8VSB.

Los receptores de 8VSB y de COFDM seleccionados para el uso en las pruebas de terreno comparativas fueron evaluados cuidadosamente para que las áreas típicas del funcionamiento aseguraran que eran los mejores receptores disponibles para el programa de la prueba y representaron el estado plus ultra disponible en tecnología de HDTV. Ambas tecnologías tenían áreas donde sus características de funcionamiento podrían ser mejoradas. Las deficiencias del funcionamiento en algunas áreas explican probablemente unas de las faltas observadas en el campo.

Resultados de las pruebas del grupo técnico COFDM:

Los resultados de la prueba del campo de 8VSB y de COFDM en las tarifas de datos especificadas indican que 8VSB debe ser conveniente para un servicio de difusión cuando una antena al aire libre de 30 pies se utiliza para la recepción.

Los resultados de la prueba en el terreno de 8VSB y de COFDM para la recepción al aire libre usando una antena simple de 6 pies son menos optimistas, una confiabilidad muy lejos de la necesaria para el servicio de TV, por lo que se debían definir las adecuaciones del servicio de difusión con cualquier sistema probado.

Los resultados de la prueba del campo de 8VSB y de COFDM indican que aunque algunos espectadores podrían gozar de la recepción de interior con cualquier sistema, ninguno de los dos sistemas exhibió el nivel de confiabilidad que sería requerido de un servicio práctico de difusión basado solamente en recepción con antenas de interior.

Dado el alto nivel de fallas en los niveles de una débil-señal en Cleveland para ambos sistemas, los datos sugieren que los factores del planeamiento usados por la FCC para predecir el servicio bajo VHF son inadecuados y la energía adicional puede ser necesaria para mantener porcentajes de disponibilidad.



4. "Comparativa de los Sistemas de HDTV existentes"

D) Recomendaciones para el estándar ATSC:

Formaron al grupo técnico de COFDM para investigar el funcionamiento relativo de la modulación COFDM y 8VSB para el servicio de DTV en los Estados Unidos. El grupo condujo las pruebas de terreno que comparaban el funcionamiento de ambos sistemas en las mismas localizaciones de campo de una manera supervisada. El funcionamiento del sistema para las dos tecnologías es diferente. Cada sistema demostró grados que variaban del funcionamiento bajo diversas circunstancias. Sin embargo, ninguno de los dos sistemas en su puesta en práctica actual resolvería todas las necesidades de los locutores o de los espectadores.

El grupo técnico de COFDM concluyó lo siguiente:

- El proyecto de VSB/COFDM es un proyecto de la difusión de toda la industria financiado por contribuciones voluntarias de los locutores. El proyecto fue formado para conducir investigaciones científicas e imparciales paralelas de las mejoras de VSB y del funcionamiento de COFDM.
- Las metas de la investigación de VSB eran: (1) evaluar independientemente los productos de siguiente generación y probar su funcionamiento en el laboratorio y en el campo; y (2) investigar mejoras a la modificación estándar y posible de 8VSB del estándar para proporcionar una recepción más robusta y para acomodar nuevos servicios.
- Mejoras del Receptor. Solamente que no requerirían ninguna cambios a la señal transmitida. Los cambios compatibles o los "realces" a la señal transmitida, que se podría utilizar por los receptores nuevos para alcanzar un nivel más alto de funcionamiento pero no afectarían el funcionamiento de receptores existentes. Cambios incompatibles, basados en la modulación de VSB, que afectaría el funcionamiento de receptores existentes.

E) Innovaciones a la Norma.

Después de los resultados obtenidos de las pruebas y comparativas frente DVB, el grupo de ATSC se dio a la tarea de retomar las consideraciones de desempeño de sus equipos y la necesidad de mejorar su norma con aspectos que eran necesarios para incrementar la flexibilidad. Los avances hasta el día de hoy son por mencionar los más importantes:

- Sincronización para Transmisión Distribuida.

ATSC ha aprobado una norma diseñada para facilitar la construcción de sistemas de transmisión exclusivos que utilizan múltiples transmisores en una red de una sola frecuencia (SFN). A/110, la "Norma de Sincronización para Transmisión Distribuida", fue aprobada definitivamente en julio de 2005, luego de un largo periodo de desarrollo como norma postulante. Fue preparada por el Grupo de Especialistas de ATSC en Transmisión de Radiofrecuencia (T3/S9) y define una norma para la sincronización de múltiples transmisores que emiten señales 8-VSB de acuerdo con la norma de televisión digital ATSC (A/53C). La transmisión distribuida (DTx) tiene el potencial de mejorar sustancialmente las áreas de cobertura y de servicios de la transmisión de televisión digital, también es posible que produzca interferencias dentro de la red que algunos receptores (en especial de diseños anteriores) quizás no sean capaces de manejar. Por consiguiente, las redes de transmisión distribuida deben diseñarse cuidadosamente para minimizar la carga que reciban los ecualizadores adaptables en tales receptores antiguos y al mismo tiempo maximizar las



4. "Comparativa de los Sistemas de HDTV existentes"

mejoras en las señales que se entreguen al público. El impacto que esto cause a cualquier receptor específico dependerá de la ubicación del receptor, el uso de las antenas receptoras direccionales y los demás factores relacionados con el diseño del receptor.

- VSB mejorada para una mayor flexibilidad.

Las estaciones de transmisión cuentan con un nuevo instrumento entre la multiplicidad de instrumentos disponibles, la VSB mejorada (E-VSB). Se trata de un modo opcional de transmisión que ofrece a las estaciones de transmisión la capacidad de intercambiar la velocidad de transmisión de datos por un umbral portador-ruido inferior para algunos servicios determinados. Los servicios transmitidos en el modo E-VSB cuentan con capas de codificación adicionales para corregir los errores en la retransmisión, las que permiten la recepción bajo condiciones de señales más débiles. Ejemplos de las potenciales aplicaciones de la E-VSB incluyen la entrega de audio en el modo "fall-back", servicios de programación destinados a receptores de televisión digital pequeños con antenas interiores, transmisiones en tiempo no real de información basada en archivos para receptores portátiles y personales y una robusta difusión de datos a dispositivos tales como computadoras de sobremesa y laptop. E-VSB se documenta en una nueva modificación de la Norma ATSC para Televisión Digital (A/53C). ATSC también ha publicado diversas normas postulantes relacionadas que apoyan el Sistema E-VSB. CS/T3-608 y CS/T3-609 entregan especificaciones de transmisión y CS/T3-606 presenta mejoras de la Norma PSIP de ATSC (A/65). Las mejoras del audio AC-3 (E-AC-3)

- Norma de acceso condicional.

ATSC ha aprobado una revisión del documento A/70, "Sistema de Acceso Condicional para Difusión Terrestre". La nueva especificación, A/70A, es la primera actualización importante de la especificación de acceso condicional (CA) de ATSC desde su aprobación inicial en mayo del 2000. A/70A se basa, cuando es posible, en las actuales normas abiertas. Esta norma no presume a priori ningún modelo comercial y de hecho, la probabilidad de que existan múltiples modelos comerciales es grande. En su lugar, la norma define los elementos constitutivos necesarios para asegurar la interoperabilidad. Esto implica que cualquier módulo de acceso condicional de ATSC puede funcionar con cualquier servidor compatible con ATSC diseñado para soportar dicho acceso condicional. Dado que es posible reemplazar cualquier módulo de acceso condicional de ATSC, los servidores de ATSC están protegidos contra la obsolescencia ya que la seguridad se actualiza.

4.1.4.- Informes del Grupo Albert/ Set.

Anatel (Agencia Nacional de Telecomunicaciones) es responsable de la decisión sobre el sistema a ser adoptado en Brasil. Los procedimientos para la selección del sistema digital comenzaron en noviembre de 1998, los informes del Grupo Albert/Set, (organismo creado por la Asociación Brasileña de Emisoras de radio y Televisión ALBERT, y la Sociedad Brasileña de Ingeniería de Televisión SET), encargado de realizar las pruebas de desempeño de los tres sistemas que existen en oferta actualmente en el mercado. Durante 8 meses: ATSC, de origen americano, DVB-T, su equivalente europeo e ISDB-T, proveniente de Japón, arrojaron conclusiones que sugieren la adopción de un sistema diferente al sistema americano. En estas pruebas participaron 17 empresas de los sectores públicos y privados, con el apoyo de la Universidad Mac Kenzie, que mediante un acuerdo con el Grupo tuvo a su cargo la implantación de un laboratorio de medición y la realización de las pruebas de laboratorio. Desde luego, las experiencias que han acumulado



4. "Comparativa de los Sistemas de HDTV existentes"

países como México y Chile, y la información permanente que suministran las organizaciones que promueven uno u otro sistema, son bases fundamentales que sirven de norte para los demás países de la región en el proceso respectivo, acerca de la adopción de un sistema de televisión digital.

A) Conclusiones:

- El sistema DVB (europeo) y el ISDB (japonés) ofrecen mejor eficiencia de cobertura y performance.
- Permiten la implementación de modelos de transmisión de alta definición con robustez.
- En cuanto a la recepción interna gana la partida el japonés, seguido por el europeo y con una aclaración sobre el americano que no ofrece una apropiada recepción.
- Los nuevos receptores de ASTC no presentan mejoras en sus condiciones prácticas.
- El ISDB es mejor en cuanto a la inmunidad al ruido impulsivo y es flexible para las nuevas aplicaciones de servicios de televisión Broadcasting, incluyendo la recepción móvil y portátil.
- El sistema ISDB-T es significativamente superior DVB-T tanto en lo que concierne a la inmunidad al ruido impulsivo, como también en el desempeño para recepción móvil, importante para asegurar la competitividad del servicio de radiodifusión de sonidos e imágenes en el futuro, además de ofrecer mayor flexibilidad de aplicaciones
- A pesar de la superioridad técnica y de la flexibilidad del sistema ISDB-T, es necesario considerar otros aspectos como, el impacto que la adopción de cada sistema tendrá sobre la industria nacional, las condiciones y facilidades de implementación de cada sistema, los plazos para su disponibilidad comercial, el precio de los receptores para el consumidor, la expectativa de caída de esos precios, de modo que posibilite el acceso más rápido a todas las franjas de la población
- El presidente de ATSC habla con la vista puesta en un mercado gigante. Según Eletros, se venden 4.5 millones de nuevos aparatos de TV al año en Brasil, que tiene un parque de 50 millones de televisores.
- Las emisoras seguirán transmitiendo programación de forma analógica y digital durante el mismo período. (Un televisor tiene una vida útil de 10 años).
- En Argentina se venden 1.5 millones de televisores al año, y el país ya ha dicho que va a adoptar el sistema ATSC.
- Anatel defiende un sistema único para los países de Sudamérica. Renato Guerreiro, presidente de la agencia, afirma que la adopción de un mismo sistema haría más fácil la aceptación del servicio, con precios competitivos, y la negociación colectiva con los proveedores.
- Con un único sistema para toda la región, quienes lo van a celebrar son los fabricantes. Eletros dice que el número de 6 millones de aparatos vendidos anualmente en Brasil y Argentina podría duplicarse si los otros países fueran accesibles.
- Brasil está pensando en el mercado latinoamericano. Eso es importante para crear una base de fabricantes y oportunidades de acuerdos entre los países del Mercosur para su desarrollo en el futuro.
- El japonés también es muy buen sistema en lo técnico, pero inmaduro; la poca disponibilidad de sus receptores hasta la fecha han sido la desventaja (enorme) del sistema ISDB-T.
- La necesidad es de una televisión digital que interactúe con el cable y sea a la vez acorde con el concepto de abierta, gratuita, masiva y popular.



4. "Comparativa de los Sistemas de HDTV existentes"

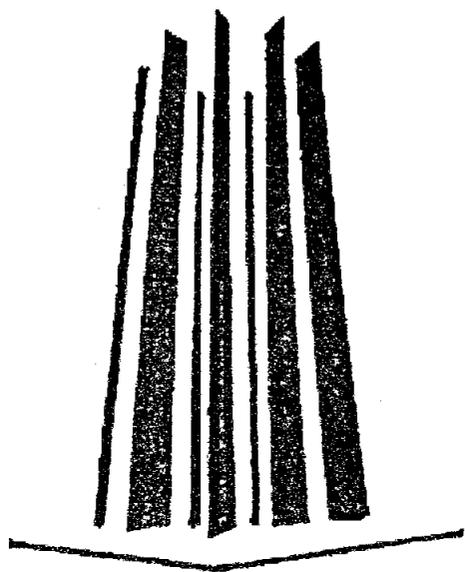
Criterios de desempeño técnico.	ATSC	DVB	ISDB
Transmisión jerárquica	×	✓✓	✓✓✓
Recepción móvil	✓	✓✓	✓✓✓
Inmunidad al ruido impulsivo y multitrayectorias.	✓	✓✓	✓✓✓
Sub estándares (compatibles con satélite y cable)	✓✓	✓✓✓	✓
Formatos de audio utilizados	✓✓	✓	✓✓✓
Formatos de video soportados	SDTV, EDT y HDTV		
Modulación a la transmisión	✓ 8VSB	✓✓ COFDM	✓✓✓ COFDM
Entrelazado (interleaving)	✓	✓✓	✓✓✓
Datacasting (Servicios de información en forma de datos)	✓	✓✓	✓✓✓
Interferencia de canal adyacente	✓✓✓	✓	✓✓
Menor uso de número de transmisores.	✓✓✓	✓✓	✓
Resultados de las pruebas para Latinoamérica (Brasil)	✓	✓✓	✓✓✓
Resultados de las pruebas para México	✓✓	✓✓✓	✓

Criterios de Desarrollo y adopción de norma.	ATSC	DVB	ISDB
Diseño de norma para ancho de banda 6 Mhz.	✓✓✓	✓	✓✓
Modificaciones o mejoras a la norma (2005).	✓✓✓	✓✓	✓
Distribución del espectro de frecuencias.	✓	✓✓	✓✓✓

Criterios económicos.	ATSC	DVB	ISDB
Disponibilidad de equipos en 6 MHz (2002)	✓✓✓	✓✓	✓
Costo de equipos receptores (HDTV).	✓	✓✓✓	✓✓
Menor costo de equipo de transmisión.	✓✓	✓✓✓	✓
Pago por servicios de HDTV-T.	×	✓	✓✓

- × No especificado en la norma
 ✓✓✓ Desempeño Bueno
 ✓✓ Desempeño Regular
 ✓ Desempeño Deficiente.

Tabla 4-7 Resumen de los aspectos significativos de los sistemas de HDTV.



FES "ARAGÓN"

Capítulo 5



5. "Propuesta de implementación de un sistema de HDVT abierto en México."

Capítulo 5 "Propuesta de Implementación de un Sistema de HDTV abierto en México."

5.1.-Procedimiento para la implementación de un sistema de HDTV.

El primer paso en el proceso es la determinación de los "criterios de selección", estos constituyen las cuestiones claves que se deben examinar para implementar un sistema de HDTV. Los criterios de selección se separan en tres áreas las cuales son:

- Criterios de la utilización del Espectro de Frecuencias.
- Área de Servicio.
- Servicios compatibilidad con otros equipos.

La responsabilidad de realizar estudios en la disponibilidad del espectro para apoyar varias alternativas y sistemas para el servicio de la televisión en México fue responsabilidad de la COFETEL y las empresas de TV privadas del país. Con respecto a la primera parte, primero se desarrolló y analizó una serie de panoramas del espectro que reflejaban varias combinaciones de los requisitos. Estos estudios determinaron que las asignaciones existentes se podrían acomodar completamente con los canales adicionales de HDTV solamente si el espaciamiento mínimo del co-canal estaba en la orden de 160 kilómetros (100 millas) y si no había restricciones adyacentes del canal. Los datos específicos del sistema son obtenidos de los laboratorios de prueba, combinados con los factores de transmisión de cada región. Los análisis producen predicciones requeridas del área de sin interferencias y de servicio satisfactorio.

Con respecto a la segunda parte del procedimiento, podemos enfocar los aspectos económicos divididos en tres grupos principales:

- Costo a los locutores.
- Costo a los medios alternativos.
- Costo a los consumidores.

La tarea primaria de esta parte consiste en desarrollar una proyección del índice de crecimiento de la penetración de mercado del equipo de alta definición en estaciones de televisión, los medios que pudieran adoptar el nuevo estándar y la sustitución de los receptores en los millones de hogares de nuestro país.

La tercera parte corresponde a los criterios de tecnología, en estos podemos percibir las limitaciones y ventajas que implica una evolución. Estos, son el resultado de pruebas, análisis técnicos, simulaciones de condiciones críticas, comparativas, etc. Son llevados por un grupo de personas dedicado al análisis de estos aspectos y solo marcan uno de los aspectos de la selección, principalmente:

- Calidad de Audio/Video
- Robustez de la Transmisión
- Alcance de servicios y de características
- Extensibilidad
- Consideraciones de la Interoperabilidad



5. "Propuesta de implementación de un sistema de HDVT abierto en México."

Conforme a estas tres partes principales se adoptó el ATSC en nuestro país y se sigue trabajando para lograr su implementación. La transición no es sencilla y mucho menos inmediata, el programa del proyecto para nuestro país se explica a continuación.

5.2.-La selección de ATSC para México.

El Programa de Trabajo de la Secretaría de Comunicaciones y Transportes (SCT) del actual gobierno, establecía que durante el 2002 México elegiría el sistema de televisión digital, pero no ocurrió así, la decisión se dio a conocer a principios del 2004.

Mientras México asumía el criterio de un nuevo sistema, los resultados de las pruebas de los tres sistemas fueron presentados por Televisa en el Comité Consultivo de Tecnologías Digitales para la Radiodifusión, este Comité estaba conformado por representantes de la SCT y la Cámara Nacional de la Industria de Radio y Televisión (CIRT) y tiene las facultades de emitir recomendaciones a la SCT en cuanto a los procedimientos, plazos y demás requerimientos para la adopción e implantación de tecnologías digitales de radio y televisión. Las evaluaciones técnicas concluyeron a fines del año 2002, presentaron entonces, a través del Subcomité de Televisión Digital, un reporte totalmente técnico, sin emitir ninguna recomendación; Asimismo presentaron un documento que define los cuatro elementos a considerar antes de que México tomara una decisión sobre el sistema que se implantaría en el país: el técnico, el legal, el económico y el social.

El aspecto técnico ya estaba terminado; el aspecto legal tiene que ver con la seguridad jurídica que en el caso de ATSC esta dirigido a la regulación de los fabricantes de equipos y los promotores del estándar, ya que estos transportaron receptores de diferentes generaciones; cada uno con las mejoras que ha habido en la recepción de las señales de ATSC con el avance de los meses y de la tecnología de los codificadores. Los elementos social y económico están dirigidos al público usuario y a los Broadcaster.

El aspecto económico de acuerdo con estudios realizados en la CIRT, determino que las inversiones necesarias para los radiodifusores durante la transición analógica-digital, va de los 2 a los 21 millones de dólares por cada estación. Las repetidoras tendrán que invertir dos millones de dólares. Las estaciones locales que producen algunos programas propios y reciben señales de otra estación como complemento de su programación, deberán invertir 8 millones de dólares. Y las televisoras con producción autónoma y distribución de señales a nivel nacional, se verán en la necesidad de invertir 21 millones de dólares; estas son apenas el inicio de una serie de inversiones que tienen que darse, sin embargo la situación económica del país complica las cosas.

El 2 de julio de 2004, el Gobierno de México anunció que había adoptado la Norma ATSC de Televisión Digital (DTV) para la transmisión de televisión digital terrestre. Leonardo Ramos, el Director de Proyectos de Alta Tecnología de Televisa en México, declaró que existen varias estaciones experimentales de televisión digital que transmiten exitosamente con la norma ATSC y que se había dado el primer paso oficial hacia la era de la televisión digital, se trabaja con las estaciones de transmisión asociadas mientras toda América del Norte transita hacia la era digital. El señor Michael Mc Ewen, Secretario General de la North America Broadcasters Association declaró que la industria ya está lista para dar un salto histórico hacia el futuro; considerando un mercado de más de 400 millones de consumidores en América del Norte y que los equipos de televisión digital podrán aprovechar las economías de escala que brinda un mercado masivo de enormes dimensiones.



5. "Propuesta de implementación de un sistema de HDVT abierto en México."

La adopción de la Norma ATSC se presenta en un documento detallado de políticas digital emitido por la Secretaría de Comunicaciones y Transporte de México, las políticas se basan en las recomendaciones públicas para la difusión de la televisión elaboradas por un comité consultor del gobierno y la industria luego de la respectiva instrucción del Presidente Vicente Fox en octubre del 2003. El plan proyecta que de aquí al 31 de diciembre del 2006, las tres ciudades más grandes de México (Ciudad de México, Guadalajara y Monterrey), contarán con servicios de televisión digital comercial, como también ciertas ciudades a los largo de la frontera de México con Estados Unidos.

México seleccionó la Norma de Televisión Digital ATSC luego de una exhaustiva revisión de las normas en competencia, la adopción de la Norma ATSC por parte de México aumenta significativamente las probabilidades de establecer una norma de televisión digital común para todo América, una norma común en todo el hemisferio se traducirá en más equipos de más proveedores y a precios más bajos, lo que acelerará la transición hacia la televisión digital en toda la región. En octubre del año pasado, la Comisión Interamericana de Telecomunicaciones (CITEL) de la Organización de Estados Americanos (OEA) adoptó una resolución en la cual insta a los estados miembros de la OEA a implementar la difusión de la televisión digital tan rápido como lo permitan las condiciones locales y que se utilice una norma común en todo el hemisferio. Se espera que la decisión de México de aceptar la Norma ATSC y comenzar a implementar los servicios de televisión digital sirvan de ejemplo para que los demás países de Latinoamérica hagan lo mismo. Argentina aprobó la Norma ATSC en 1998, las emisoras chilenas la han recomendado a su gobierno y otros países de la región están analizando su posible adopción para avanzar hacia la transmisión digital.

5.3.-El precursor de ATSC México: "TELEVISA"

La empresa más importante de la televisión en este país, Televisa, está preparada para adoptar el sistema de televisión digital terrestre. Ahora ya son 17 las horas de programación en alta definición, que esta televisora transmite diariamente (de las 7 a las 0 horas) a través del canal 48 en todo el Valle de México. Paralelamente, el área de producción y postproducción de sus estudios en San Ángel, ya realiza telenovelas, programas unitarios y programas especiales en alta definición, algunos de los cuales son transmitidos simultáneamente en televisión analógica en el canal 2 y en televisión digital en el canal 48. Además, tiene los proyectos para producir y transmitir en vivo partidos de fútbol en alta definición, con el fin de capacitar a su personal ante la inminente llegada de la tecnología. Estas transmisiones deportivas serán el paso siguiente en el proyecto de televisión digital que Televisa inició en enero de 1998 al realizar, en esa fecha, la primera transmisión en México con la nueva tecnología.

Televisa continúa con sus transmisiones e inversiones y hasta el 2003, la empresa televisiva había invertido, tan sólo en equipos de producción, más de 20 millones de dólares, ya contaba para entonces con una unidad de control remoto, un sistema de distribución por fibra óptica y otros equipos, con los que había realizado las pruebas de transmisión en el Valle de México, así como en el canal 23, ubicado en Tijuana, Baja California, que repite la señal de la cadena Fox de Estados Unidos.

5.4.-Proyecto de transición a HDTV.

El Estado esta obligado a determinar los términos con respecto a las concesiones o permisos para el uso de los bienes cuyo dominio directo le corresponde a la Nación, entre los que se encuentran las frecuencias con



5. "Propuesta de implementación de un sistema de HDVT abierto en México."

las que se prestan servicios de radio y televisión, en términos de lo que dispone el artículo 27 de la propia Constitución, cuenta con las facultades para señalar las condiciones a las que deben sujetarse los particulares, en beneficio de la sociedad, considerando que se trata de actividades que están dirigidas a resolver necesidades que tiene la población en las diversas regiones del país; Los radiodifusores tendrán que trabajar en materia de concesiones para poder realizar las inversiones tan grandes que se requieren y en los plazos que determine COFETEL junto con la SCT.

El Plan Nacional de Desarrollo 2001-2006 establece que en el área de Crecimiento con Calidad se tienen, entre otros, los objetivos rectores de conducir responsablemente la economía; elevar y extender la competitividad del país y, asegurar el desarrollo incluyente; el Programa de Desarrollo del Sector Comunicaciones y Transportes 2001-2006, fija como objetivos el impulsar la modernización de la infraestructura de la radio y la televisión para mejorar la calidad e incrementar la diversidad de servicios y, promover la introducción de las tecnologías digitales de radiodifusión y la incorporación de nuevos servicios, así como favorecer la convergencia con las telecomunicaciones.

El día 2 de abril de 1997, la Secretaría de Comunicaciones y Transportes firmó un Memorandum de Entendimiento con la Federal Communications Commission de los Estados Unidos de América, por virtud del cual se realizaron los estudios de planificación de segundos canales de televisión digitales dentro de la zona de coordinación en la frontera norte, el cual sirvió de base para que el 22 de julio de 1998, se suscribiera un nuevo Memorandum de Entendimiento, en el que se adjudicaron canales de televisión digital para cada una de las partes, dentro de una zona de coordinación a lo largo de la frontera común entre ambos países; con motivo de lo anterior, la SCT ha llevado a cabo estudios de factibilidad técnica para la asignación de segundos canales de televisión digital en todo el país, para la puesta en servicio de la televisión digital en México.

Mediante el Acuerdo publicado en el Diario Oficial de la Federación el 30 de julio de 1999, para el estudio, evaluación y desarrollo de tecnologías digitales en materia de radiodifusión, se creó el Comité Consultivo de Tecnologías Digitales para la Radiodifusión, quien ha realizado trabajos para el estudio de los estándares de televisión digital que se encuentran disponibles en el mundo, A/53 de ATSC, DVB-T e ISDB-T, con base en información documental y experimental, incluida la desarrollada en México desde el año de 1998.

El Sector Radiocomunicaciones de la Unión Internacional de Telecomunicaciones (UIT), aprobó el 10 de febrero de 2000, la revisión de la Recomendación UIT-R BR.1306, en la cual se reconoce la viabilidad de los tres estándares registrados "A" (A/53 de ATSC), "B" (DVB-T) y "C" (ISDB), para que los países miembros de la UIT, entre ellos México, puedan adoptar el estándar que mejor satisfaga sus particulares necesidades.

Televisa no se apresuraba a decir que el sistema americano ATSC era el que se elegiría en México, pero hacia allá se inclinaba la balanza, por la relación económica, política y social con Estados Unidos; el director de Proyectos de Alta Tecnología de Televisa, Leonardo Ramos Mateos decía que ATSC tenía una fuerza importante porque compartimos una frontera con Estados Unidos, sin embargo, consideramos que los tres estándares tienen la misma oportunidad de ser seleccionados, los tres sistemas de televisión digital deben incluir alta definición, definición estándar, recepción móvil y fija, y evaluarlas para ver las limitantes en el caso de ATSC.



5. "Propuesta de implementación de un sistema de HDVT abierto en México."

Televisa probó los tres sistemas: el norteamericano ATSC, el europeo DVB y el japonés ISDB-T. Sus promotores vinieron a México para dar a conocer las características de sus tecnologías y dejar sus equipos en préstamo para que los ingenieros mexicanos los probaran libremente; se invitaron a todas las asociaciones para que sus representantes chocarán sus sistemas y quedaron satisfechos de la tecnología con la que se contaba, realizaron pruebas privadas, regresaron a sus países y los dejaron libres para poder manipular directamente sus equipos. Esto fue con el propósito de evitar la influencia de algún promotor, de los reportes en Internet o de las revistas especializadas en tecnología, es decir, el Grupo televisivo se comprometió a hacer pruebas neutrales.

Televisa evaluó con los tres sistemas cerca de 60 sitios diferentes en la Ciudad de México, entre ellos algunos con problemas de recepción, incluso en la parte análoga, y otros elegidos con el método que se utiliza normalmente para realizar mediciones de necesidad de señal. En el 98 % de los sitios hubo éxito en la recepción de los tres sistemas, pero también hubo dificultades en zonas de sombra o en zonas de alta intensidad de rebote de señales. Ninguno de los tres sistemas es inmune a las multitrayectorias, como generalmente se cree, algunos mostraron ventajas y un poco de robustez, pero cuando la multitrayectoria se presentó o hubo baja intensidad de señal o se tuvieron problemas.

En las pruebas se verificaron las respuestas en frecuencia, en el ancho de banda y en la estabilidad en transmisión. Sin embargo, fue difícil hacerlo en los equipos de recepción de dos de las asociaciones básicamente porque en esta fechas DVB no tenía receptores que operaran en 6 megahertz de ancho de banda y los promotores tuvieron que traer equipos prototipo que fueron los que se evaluaron, pero no son equipos comerciales; algo similar ocurrió con los promotores de ISDB-T, debido a que en Japón el sistema de televisión digital no ha sido lanzado y se tuvieron que utilizar equipos que ellos trajeron para esto.

También se firmó el "Acuerdo Secretarial por el que se Reserva el Uso de Bandas de Frecuencias del Espectro Radioeléctrico, para Realizar Trabajos de Investigación y Desarrollo, Relacionados con la Introducción de la Radiodifusión Digital", publicado en el Diario Oficial de la Federación el 27 de marzo de 2000, se estableció en su Punto Cuarto que dicho Acuerdo permanecerá vigente hasta que, conforme a las disposiciones aplicables, la Secretaría resuelva sobre las tecnologías de radiodifusión digital que serán implantadas en nuestro país.

Conforme a los trabajos realizados por el Comité, se identificó la necesidad de contar con un estándar que facilite el mejor aprovechamiento del espectro radioeléctrico, permita elevar la calidad de las transmisiones que recibe la población y favorezca el desarrollo de nuevos servicios que resulten de la convergencia con las telecomunicaciones; el resultado de los análisis realizados a los informes que han presentado los representantes del Comité, de su participación en foros y reuniones nacionales, regionales e internacionales, en los que se han abordado diversos temas relacionados con los estándares tecnológicos, así como de las experiencias internacionales relacionadas con los procesos que se llevan a cabo en otros países, se observa que la adopción del estándar de televisión digital tendrá un impacto en el desarrollo técnico, económico y social de México.

Se publicó un Acuerdo el 3 de octubre de 2000, mediante el cual se establecieron obligaciones para los concesionarios y permissionarios de radio y televisión relacionadas con las tecnologías digitales para la radiodifusión, y de los refrendos que se han otorgado a partir de esa fecha, los títulos de Concesión y Permiso vigentes incluyen una Condición en la que se establece que los mismos están obligados a implantar la o las tecnologías que así resuelva la Secretaría y, al efecto, deberán observar y llevar a cabo todas las acciones en los plazos, términos y condiciones que le señale la propia Secretaría, a fin de



5. "Propuesta de implementación de un sistema de HDVT abierto en México."

garantizar la eficiencia técnica de las transmisiones; en el que se establece que será necesario transmitir simultáneamente señales analógicas y digitales para garantizar a la sociedad, la continuidad del servicio de televisión, por lo que la Secretaría deberá determinar el plazo durante el cual deberán realizarse las transmisiones simultáneas; asimismo, en dicho Acuerdo se señala que, en caso de que las tecnologías de transmisión digital adoptadas involucren la utilización de otra frecuencia, la propia Secretaría señalará, a su juicio y cuando así lo estime conveniente, la frecuencia que será reintegrada al término de las transmisiones simultáneas, y establecerá el plazo para tales efectos.

La cobertura de la televisión en México es del 96.5%, a partir de 741 estaciones de canales analógicos, 462 concesionadas y 279 permitidas, así como 2,816 autorizaciones de equipos complementarios de zona de sombra, de los cuales el 89.7% obedece a razones de cobertura social. Con la televisión digital terrestre se tiene el potencial de favorecer la optimización del espectro radioeléctrico y la calidad de las señales se ve mejorada hasta lograr niveles de Alta Definición con alta confiabilidad en la recepción de señales y que se fortalezca el desarrollo de la convergencia en beneficio de la sociedad.

Para aprovechar el potencial de la televisión digital terrestre y dadas las características y especificaciones técnicas de los estándares de televisión digital terrestre, es indispensable la asignación de un canal adicional para llevar a cabo las transmisiones simultáneas con señales analógicas y digitales, en virtud de que, conforme a estudios realizados de los tres estándares de televisión digital disponibles en el mundo, las transmisiones digitales no se pueden realizar en el mismo canal por el que actualmente se transmiten las señales de televisión analógicas.

Los trabajos realizados a nivel internacional, por el Comité, muestran que cada país ha definido sus líneas de acción conforme a sus condiciones particulares y de acuerdo con la evolución de sus respectivos procesos, que son de largo plazo y que resulta necesario definir para México un sólo estándar para las transmisiones de la televisión digital terrestre.

Dados los avances en la implantación de la televisión digital terrestre que se observan en varios países del mundo; el mejor aprovechamiento del espectro radioeléctrico; la mejora en la calidad del servicio que ofrecerán las transmisiones digitales, así como los beneficios que traerá consigo la convergencia de tecnologías, es necesario y oportuno adoptar el estándar de transmisiones digitales de televisión que será utilizado en nuestro país, así como instrumentar las acciones que favorezcan la introducción de las nuevas tecnologías.

De conformidad con el resultado de los estudios y evaluaciones de los estándares digitales que fueron analizados por el Comité, el estándar A/53 de ATSC es el que resulta recomendable para las transmisiones de televisión digital terrestre en México, dado que reúne las siguientes características:

- La capacidad para lograr transmisiones confiables de Alta Definición en canales de 6 MHz, que es el mismo ancho de banda con el que actualmente se llevan a cabo las transmisiones analógicas de televisión;
- La eficiencia en la transmisión de las señales, que permita maximizar la cobertura de la población con la menor potencia posible, a fin de replicar con tecnología digital la actual cobertura analógica al menor costo.
- El aprovechamiento de potenciales economías de escala en la producción global de aparatos de recepción, a fin de tomar ventaja de la reducción de costos en beneficio de la sociedad.



5. "Propuesta de implementación de un sistema de HDVT abierto en México."

- La disponibilidad de aparatos de recepción en condiciones favorables de calidad, diversidad y precio.
- El potencial de desarrollo de nuevos servicios y de aplicaciones móviles y portátiles, y
- Las mejores condiciones para la recepción de las señales originadas en el territorio nacional y que por su ubicación pudieran ser captadas en el extranjero.

La transición a la Televisión Digital Terrestre, por los costos que implica para concesionarios, permisionados, productores, anunciantes y el público televidente en general, es un proceso de largo plazo en el que resulta esencial contar con lineamientos claros para su desarrollo y en el que deben ser tomados en cuenta para la elaboración de un calendario de transición los siguientes elementos:

- Debe existir flexibilidad y gradualidad en el proceso para la instalación de las estaciones de televisión digital terrestre, iniciando con presencia en las actuales coberturas analógicas para posteriormente, replicarlas;
- Es conveniente establecer períodos de desarrollo revisables dentro de este proceso, considerando que se trata de una nueva tecnología y que los montos de inversión requeridos deberán realizarse de acuerdo con la evolución del propio proceso.
- Que deben establecerse metas mínimas con base en la densidad poblacional.

Se han analizado los requerimientos económicos para llevar a cabo el proceso de transición, tomando en cuenta la actual infraestructura de estaciones de televisión en el país y la posibilidad de contar con la asignación temporal de un canal adicional por cada canal analógico, por lo que, conforme a los datos evaluados, se han realizado estimaciones de requerimientos para el proceso, bajo los criterios de aprovechar todas las posibilidades que ofrece la tecnología, contar con condiciones de transmisión que maximicen el servicio y tengan redundancia para fortalecer la confiabilidad de las transmisiones digitales, contar con capacidad de producción de contenidos de alta definición, así como considerar las necesidades actuales para la inserción de contenidos locales en las transmisiones; la idea fue desde un principio que una vez que México adoptara el sistema, los radiodifusores establecieran de manera voluntaria el inicio de operaciones en aquellas ciudades que se justificara de acuerdo a su capacidad económica y población, y no hacer algo similar a lo ocurrido en Estados Unidos, donde por mandato del gobierno tuvieron que iniciar operaciones las televisoras, aunque las condiciones no fueran adecuadas.

Se prevé que los recursos económicos con que cuenten las estaciones de televisión analógica, soportarán los costos operativos, financieros y de programación que, además de la operación actual, genere la transición tecnológica a la televisión digital. La parte social es el impacto que tendrá la decisión gubernamental y el inicio de los servicios digitales en el país, es decir, no basta con que se comiencen a ofrecer servicios digitales, había que elaborar un plan de tiempos eficiente, el cual permita que la sociedad cambie de receptores en un tiempo relativamente largo, de lo contrario se produciría un problema financiero a las familias.

El factor económico implica una revisión en el precio de los receptores, de los codificadores, las antenas, las torres, la obra civil, entre otros, considerando todos estos aspectos se tomo la decisión coherente para satisfacer los intereses de aquellos participantes en el proceso de introducción.

Con objeto de establecer claramente los derechos y obligaciones de los operadores de televisión respecto de la transición a la TDT, es recomendable ajustar las Condiciones de las Concesiones y de los Permisos



5. "Propuesta de implementación de un sistema de HDVT abierto en México."

de aquellos concesionarios y permisionarios que manifiesten su compromiso con la transición a la televisión digital terrestre, y en consecuencia con lo anterior, el Comité emitió recomendación, a fin de que se adoptara el estándar de televisión digital terrestre y se estableciera la Política de Transición a la Televisión Digital Terrestre, con lo que se expidió el siguiente proyecto.

5.3.1.- Proyecto de transición de HDTV en México

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. Con fundamento en los artículos 25 y 27 de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos; 1º, 2º, 16 y 20 de la Ley General de Bienes Nacionales; 36, fracciones I, III y XXVI, de la Ley Orgánica de la Administración Pública Federal; 3º de la Ley de Vías Generales de Comunicación; 1º, 2º, 3º, 4º, 5º, 7º, 8º, 9º, fracciones I, II, III y VII, 16, 21, 22, 41, 42, 49, 50 y 51 de la Ley Federal de Radio y Televisión; 1, 4, 5, 7, 8, 13 y demás relativos de la Ley Federal de Telecomunicaciones; 1, 3 y 4 de la Ley Federal de Procedimiento Administrativo; 13 del Reglamento de la Ley Federal de Radio y Televisión en Materia de Concesiones, Permisos y Contenido de las Transmisiones de Radio y Televisión; 1º, 3º, 4º, 5º, fracciones I, XI y XVIII del Reglamento Interior de la Secretaría de Comunicaciones y Transportes, y la comunicación a través de la radio y la televisión es una actividad de interés público que tiene la función social de contribuir al fortalecimiento de la integración nacional y al mejoramiento de las formas de convivencia humana, y es necesario que estos servicios se presten en las mejores condiciones tecnológicas en beneficio de la población;

ACUERDO:

PRIMERO.- Se adopta el estándar A/53 de ATSC, para la transmisión digital terrestre de radiodifusión de televisión, en adelante la Televisión Digital Terrestre (la TDT) que utilizarán los concesionarios y permisionarios de estaciones de televisión, para iniciar la transición a la televisión digital terrestre, en los términos y condiciones que al efecto establezca la Secretaría.

SEGUNDO.- Se establece la Política de Transición a la Televisión Digital Terrestre, en adelante la "Política", conforme a lo siguiente:

- a) A fin de que el proceso brinde certidumbre jurídica a todas las partes que en él intervengan, se establecerán líneas de acción de corto, mediano y largo plazo, así como condiciones objetivas para dar seguimiento al proceso, para así evaluar el desarrollo del mismo y, en su caso, reorientar las líneas de acción antes señaladas.
- b) La Política contiene las metas, requisitos, condiciones y obligaciones para los concesionarios y permisionarios de televisión, en relación con el proceso de transición tecnológica de la TDT.
- c) La Política, podrá revisarse y, en su caso, ajustarse a la evolución del proceso de transición tecnológica de la TDT, y corresponderá al Comité evaluar en forma continua los avances del proceso y elaborar un reporte anual del mismo, con la o las recomendaciones que, en su caso, correspondan.
- d) La presente Política contiene los siguientes elementos:



5. "Propuesta de implementación de un sistema de HDVT abierto en México."

1. Objetivos.

- a) **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.
- b) **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.
- c) **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.
- d) **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.
- e) **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.

2. Modelo de la TDT.

La TDT es una nueva tecnología que comprende la codificación de señales, el multiplexeo de las mismas y otros datos, así como la codificación final, modulación y transmisión por medio del espectro radioeléctrico atribuido al servicio de radiodifusión de televisión. Esta tecnología tiene el potencial para transformar a la industria existente en beneficio de la sociedad. En este sentido, se considera que el modelo a utilizarse para lograr los objetivos propuestos debe ser flexible, con el propósito de aprovechar al máximo las ventajas que actualmente ofrece el estándar A/53 de ATSC, así como las de su futuro desarrollo y crecimiento.

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.

Asimismo 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).

Al final del tercer periodo, para todas las estaciones que tengan Réplica Digital, será obligatorio contar con transmisiones de calidad HDTV o EDTV, en al menos el 20% del tiempo total del horario de



5. "Propuesta de implementación de un sistema de HDVT abierto en México."

funcionamiento de la estación, conforme a lo establecido en la concesión o el permiso. Con el propósito de brindar un mayor beneficio a la sociedad, lo anterior, debe darse preferentemente, en los horarios de mayor audiencia, en el entendido de que al menos una hora diaria de este tiempo, se transmita en horarios de mayor audiencia.

Conforme a las recomendaciones emitidas por la UIT, se entiende por:

HDTV: Formato 16:9 calidad de imagen comparable al cine, resolución 1920 X 1080e

EDTV: Formato 16:9 calidad comparable a HDTV con resolución 1280 x 720p.

Formato 16:9 ó 4:3 con resolución 704 x 480p, ó 640 X 480p, similar al DVD.

SDTV: Formato 16:9 ó 4:3 con resolución 704 x 480e ó 640 X 480e, similar a NTSC.

e = despliegue de líneas entrelazadas

p = despliegue progresivo

Por último, el modelo promoverá la prestación de servicios de telecomunicaciones por parte de los concesionarios y permisionarios de las estaciones de televisión, conforme a la legislación y disposiciones reglamentarias en materia de telecomunicaciones, sin que esto impida permanentemente la transmisión de programas de alta definición. En este sentido, la solicitud para la prestación de servicios de telecomunicaciones que, en su caso, sea factible prestar por el concesionario o permisionario, a través de los canales asignados a la TDT, sin que de manera alguna implique la interrupción total o parcial de la TDT, estará sujeta y se resolverá conforme a la Ley Federal de Telecomunicaciones y demás disposiciones legales y reglamentarias que sean aplicables. El Gobierno Federal podrá establecer una contraprestación económica y, en tal caso, el concesionario o permisionario estará obligado a cubrir la misma a favor del Gobierno Federal, en los términos de las disposiciones legales, reglamentarias y administrativas vigentes al momento en que se otorgue, en su caso, el título de concesión respectivo.

3. 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.

Para garantizar la disponibilidad del espectro radioeléctrico destinado para la transmisión de la TDT, la Secretaría publicará en Internet la Tabla de Canales Adicionales para la Transición a la TDT, en la que se identificarán los canales que se encuentran disponibles para el proceso de transición a la TDT. La Tabla antes mencionada, podrá ser modificada conforme a los avances en la evolución del proceso, tomando en cuenta el cumplimiento de las obligaciones adquiridas por los concesionarios y permisionarios, así como los adelantos que se tengan en materia de planificación del espectro radioeléctrico de la TDT.

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.



5. "Propuesta de implementación de un sistema de HDVT abierto en México."

4. Periodos trianuales del proceso de transición.

Para llevar a cabo el proceso de transición a la TDT se establece el Calendario para la instalación y operación de los equipos de los canales digitales, el cual proyecta metas mínimas para cada uno de los Periodos, sin establecer una fecha para la conclusión de las transmisiones analógicas.

Con base en las recomendaciones que emita el Comité, la Secretaría determinará si es o no necesario continuar con las transmisiones analógicas de una determinada estación, por haber logrado un alto nivel de penetración del servicio de la TDT en la población y, en su caso, señalará al concesionario o permisionario, el canal que será reintegrado al término de las transmisiones simultáneas, y establecerá el plazo para tales efectos.

Para lo anterior, la Secretaría tomará en cuenta, tanto la optimización del espectro radioeléctrico, como la propuesta que, en su caso, presente el concesionario o permisionario sobre el canal a reintegrar. El proceso de transición a la TDT incluye seis periodos trianuales revisables, en el que se combinan, para cada periodo y en forma progresiva, la Presencia y Réplica Digital de las transmisiones en las actuales coberturas analógicas.

Para los efectos de este Acuerdo, se entiende por:

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 el 20% del área de servicio del canal analógico registrado en la Secretaría.

Réplica Digital de cobertura: cuando se supera el umbral de recepción antes señalado, en al menos el 90% del área de servicio.

Los conceptos de área de servicio y zona de cobertura se encuentran definidos con base en la Norma Oficial Mexicana NOM-03-SCT1-93, en cada caso, la zona de cobertura se especifica conforme a las condiciones particulares de cada Concesión y Permiso.

Conforme a ello, se establecen los siguientes periodos para la transición que, salvo el primero, serán revisables por el C. Secretario de Comunicaciones y Transportes con base en las recomendaciones que al efecto emita el Comité.

- Primer período (a partir de la entrada en vigor de este Acuerdo y finaliza el 31 de diciembre de 2006). México, DF., 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 período (1° de enero de 2007 al 31 de diciembre de 2009). Réplica 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.



5. "Propuesta de implementación de un sistema de HDVT abierto en México."

- Tercer período (1° de enero de 2010 al 31 de diciembre de 2012). Réplica Digital de las señales del Segundo Período. 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 período (1° de enero de 2013 al 31 de diciembre de 2015). Réplica Digital de las señales digitales del Tercer Período. 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 período (1° de enero de 2016 al 31 de diciembre de 2018). Réplica Digital de las señales del Cuarto Período. 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 Período (1° de enero de 2019 al 31 de diciembre de 2021). Réplica Digital de todos los canales analógicos, en todas las zonas de cobertura servidas por la televisión analógica.

La Secretaría publicará en Internet la lista de las estaciones concesionarias y permisionarias de televisión conforme al Período en que les corresponda contar con señales digitales, considerando la información del Censo 2000 de INEGI.

Las estaciones permisionadas y las concesionadas cuya operación sea financiada principalmente por recursos federales o estatales, serán consideradas como estaciones no comerciales únicamente para los fines de la presente Política.

5. 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.

Por lo anterior, el Comité realizará evaluaciones al desarrollo del proceso de transición a la TDT, para lo cual tomará en consideración, entre otros factores, los siguientes:

- i. Inversiones realizadas;
- ii. Mercado de receptores, penetración, disponibilidad y, precio de receptores y equipos asociados a la TDT;
- iii. Equipos transmisores en operación y disponibles en el mercado, así como sus costos y características;
- iv. Mercado publicitario;
- v. Información de encuestas;
- vi. Censos y sus proyecciones;
- vii. Niveles de audiencia de programas transmitidos a través de la TDT;
- viii. Capacidad económica de la población, incluyendo el PIB, que dé a conocer el Banco de México;
- ix. Número de estaciones concesionadas y permisionadas de televisión, y
- x. Experiencias internacionales.



5. "Propuesta de implementación de un sistema de HDVT abierto en México."

Con el propósito de que el Comité cuente con la información necesaria para evaluar el desarrollo del proceso, los concesionarios y permisionarios que tengan autorizado al menos un canal adicional para la transición a la TDT, 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.

A partir del final del Primer Periodo, el Comité emitirá, a más tardar en el mes de abril de cada año, un reporte, con relación al año inmediato anterior, al C. Secretario de Comunicaciones y Transportes, con la o las recomendaciones que en su caso correspondan. La Secretaría publicará en Internet una versión de dicho reporte con la información que se considere como pública en términos de la Ley Federal de Transparencia y Acceso a la Información Pública Gubernamental, a más tardar en el mes de mayo del año que corresponda y, de ser necesario, realizará las adecuaciones a la presente Política.

6. Adecuaciones necesarias a las Concesiones y Permisos.

Tomando en cuenta que la transición a la TDT es un proceso de largo plazo y requiere del uso temporal de un canal adicional digital al canal analógico con que actualmente se ofrece el servicio, es necesario que los concesionarios y permisionarios cuenten con las condiciones de seguridad jurídica y técnica necesarias para llevar a cabo la transición a la TDT.

Conforme a lo expuesto es necesario:

- a) Establecer que las vigencias de las Concesiones y Permisos sean coincidentes con los periodos previstos en el numeral 4 de la presente Política;
- b) Adecuar las condiciones de las Concesiones y Permisos para incorporar disposiciones relacionadas con el proceso de transición sobre bases de equidad y transparencia, y
- c) Incorporar el procedimiento a través del cual se autorizará temporalmente el uso de un canal adicional.

Estas acciones se implementarán con fundamento en las disposiciones legales y administrativas aplicables, y en la Condición de Nuevas Tecnologías incluida en las Concesiones y Permisos, por la que se establece que los concesionarios y permisionarios están obligados a implantar la o las tecnologías que así resuelva la Secretaría, al efecto deberán observar y llevar a cabo todas las acciones en los plazos, términos y condiciones que le señale la propia Secretaría, a fin de garantizar la eficiencia técnica de las transmisiones. En el caso de nuevas Concesiones o Permisos, éstos deberán contener la Condición de Nuevas Tecnologías y, además, en todas sus condiciones, serán consistentes con esta Política y las disposiciones legales aplicables, de conformidad con su naturaleza y propósitos. Las Concesiones o Permisos que, en su caso, otorgue la Secretaría a partir de la entrada en vigor de este Acuerdo, estarán sujetas a las obligaciones de Presencia o Réplica Digital, según sea el caso, atendiendo a la zona de cobertura y a los plazos que corresponda, conforme a lo establecido en el numeral 4.

6.1 Procedimientos y plazos para solicitar el refrendo de la concesión o el permiso con base en la presente Política.

6.1.1 Procedimientos.

Los concesionarios y permisionarios que deseen obtener el refrendo deberán presentar su solicitud, incluyendo la información señalada en el Anexo II de la Política de TDT. La Secretaría resolverá la solicitud de refrendo de conformidad con lo establecido en la Ley Federal de Radio y Televisión, su



5. "Propuesta de implementación de un sistema de HDVT abierto en México."

Reglamento y las disposiciones legales aplicables.

Las Condiciones de los Títulos de Refrendo de las concesiones o permisos que aplicarán a los concesionarios y permisionarios que manifiesten sus compromisos para transitar a la TDT, se establecerán de conformidad con los Anexos III y IV de la Política, según corresponda.

La vigencia que se otorgará coincidirá con el término del Sexto Periodo Trianual señalado en el numeral 4.

6.1.2 Plazos para solicitar el refrendo

Salvo en el caso del Primer Período, los concesionarios y permisionarios deberán solicitar el refrendo correspondiente y manifestar sus compromisos con la transición a la TDT, antes del inicio del período en el que les corresponda contar con señales digitales, conforme a lo establecido en el numeral 4 de la presente Política.

Para ello, las alternativas para solicitar el refrendo de la concesión o permiso son:

- a) A partir de que se publique la presente Política, siempre y cuando se manifiesten los compromisos para la transición a la TDT.
- b) A más tardar un año antes de que fenezca su vigencia actual, siempre y cuando no haya iniciado el período en el que le corresponda contar con señales digitales.

Los concesionarios o permisionarios que opten por la opción b) y en ese momento no estén en condiciones de manifestar sus compromisos para transitar a la TDT, podrán solicitar su refrendo para continuar sólo con transmisiones analógicas. En este caso, la vigencia del refrendo no podrá exceder el primer año del período en el que le corresponda contar con señales digitales, lo anterior, sin perjuicio de que el concesionario o permisionario pueda manifestar sus compromisos para la transición de la TDT en cualquier tiempo antes del vencimiento de la vigencia de la concesión, en cuyo caso se aplicará lo previsto en el numeral 6.1.1 anterior.

Los concesionarios correspondientes al Primer Periodo, deberán solicitar el refrendo a más tardar el 1º de enero de 2005.

6.2 Procedimiento para hacer uso de los canales adicionales para la TDT.

Para llevar a cabo el proceso de transición a la TDT es necesario que se establezca el procedimiento para la asignación temporal de un canal adicional para realizar transmisiones digitales simultáneas de la programación transmitida por cada canal que realiza transmisiones analógicas, tomando en cuenta lo establecido en el numeral 3 de la presente Política. Dicho procedimiento se incluye en los Anexos III y IV de la presente Política.

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. Con objeto de facilitar la relación entre las estaciones analógicas y sus correspondientes equipos de canales adicionales digitales, se utilizará el mismo distintivo de llamada pero con la terminación "TDT".



5. "Propuesta de implementación de un sistema de HDVT abierto en México."

7. Incumplimientos a la Política

7.1 No manifestar compromisos para la transición a la TDT

Salvo en el caso del Primer Período, los Concesionarios o Permisionarios que no manifiesten sus compromisos para la transición a la TDT, a través de la solicitud de su refrendo antes del inicio del período en el que le corresponda contar con señales digitales, conforme a lo establecido en el numeral 4 de la presente Política, se ubicarán en el supuesto de incumplimiento a sus obligaciones establecidas en la Condición de Nuevas Tecnologías de su Concesión o Permiso.

En el caso de los concesionarios del Primer Período, ellos deberán solicitar su refrendo a más tardar el 1º de enero de 2005, lo contrario se considerará como un incumplimiento a sus obligaciones establecidas en la Condición de Nuevas Tecnologías de su Concesión.

Lo anterior será una causal para no refrendar sus respectivas concesiones o permisos y, en consecuencia, al término de sus respectivas vigencias, el Concesionario o Permisionario que se ubique en este supuesto deberá suspender sus operaciones y dismantelar las instalaciones afectas a la estación correspondiente.

La Secretaría podrá disponer de los canales respectivos y tomará las acciones necesarias para procurar que la población incluida en esa zona de cobertura cuente con señales del servicio de televisión analógica y digital, conforme al avance de la evolución de la transición a la televisión digital terrestre.

7.2 No cumplir con los compromisos asumidos para la transición a la TDT.

Sin perjuicio de que los compromisos para la transición a la TDT son revisables conforme a lo establecido en el numeral 5 de la presente Política, en caso de que el Concesionario o Permisionario no dé cumplimiento a los mismos en tres ocasiones durante el periodo de vigencia correspondiente, sin causa justificada, la Secretaría iniciará el procedimiento de revocación y de las sanciones económicas que correspondan conforme a lo establecido en la Ley Federal de Radio y Televisión y su Título de concesión o permiso, según sea el caso. Una vez concluido el procedimiento de revocación, la Secretaría podrá disponer de los canales correspondientes y tomará las acciones necesarias para procurar que la población incluida en esa zona de cobertura cuente con señales del servicio de televisión analógica y digital, conforme al avance de la evolución de la transición a la televisión digital terrestre.

7.3 Prestar servicios de telecomunicaciones sin contar con la concesión o el permiso que corresponda de conformidad con la Ley Federal de Telecomunicaciones.

El Concesionario o Permisionario de televisión que preste un servicio de telecomunicaciones sin contar con la concesión o permiso en términos de lo que establece la Ley Federal de Telecomunicaciones y las disposiciones legales aplicables, perderá en beneficio de la Nación los bienes, instalaciones y equipos empleados en la comisión de dichas infracciones.

8. 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



5. "Propuesta de implementación de un sistema de HDVT abierto en México."

servicio de televisión restringida, en materia de distribución de contenidos de HDTV y EDTV y de promoción de la convergencia; los desarrolladores de tecnología, para mantener un alto nivel de actualización y de involucramiento en la evolución del estándar; los fabricantes de equipos asociados a la TDT, para favorecer el acceso a las tecnologías por parte de los concesionarios y permisionarios; productores de contenidos, para el desarrollo de programación que aproveche las posibilidades que ofrece la tecnología; e, instituciones educativas, para contar con niveles de capacitación y desarrollo acordes a la evolución de la tecnología en beneficio del país.

TRANSITORIOS.

PRIMERO.- El presente Acuerdo entrará en vigor al día siguiente de su publicación en el Diario Oficial de la Federación.

SEGUNDO.- Los Permisos que venzan antes del 1 de enero de 2006, podrán solicitar el refrendo de Permiso en plazos menores a los señalados en el presente Acuerdo.

5.4.-Situación actual de la Ciudad de México.

5.4.1-Los Radiodifusores de Televisión.

La empresa Televisa ya trabaja continuamente en la transmisión de señales de televisión de HDTV; el grupo TV- Azteca adquirió recientemente equipos de HDTV, una unidad completa de transmisión y de procesamiento digital que esta conformada por cámaras de grabación de HDTV, un sistema de Master para la producción de estas señales y transmisores de 8VSB para su canal 13 en replica digital.

Ambas empresas transmiten los eventos deportivos de mayor audiencia en calidad HDTV, tales como: "La Liguilla del Fútbol Mexicano" y los partidos de la Selección Nacional Mexicana en el torneo de la Copa de Oro celebrados en los EUA el mes de julio del presente año (2005).

Como podemos observar, en la Ciudad de México se esta aplicando el primer periodo acordado en el Proyecto de implementación de DTV con transmisiones replicas de canales analógicos y en los centros comerciales y tiendas de electrónica existe la disponibilidad de los receptores de HDTV.

5.4.2.-Los usuarios durante la transición a HDTV.

La "HDTV" provee de calidad perceptiblemente mejorada, un formato de pantalla más amplio (cociente 16:9 de aspecto), y sonido de tipo digital envolvente. El formato de imagen de la pantalla se piensa para proporcionar una presentación visual más realista, el cuadro de imagen es 16 unidades de lado por nueve unidades de alto. Esta exhibición proporciona un área más amplia de la imagen que asemeja el cociente de aspecto del cine. Se tiene una resolución más alta y una calidad mejor comparada con la transmisión de la TV analógicas. Los Teledifusoras pueden ofrecer HDTV con los cuadros de calidad muy alta y sonido de CD. Alternativamente, puede ofrecer diversos programas de TV en el mismo tiempo, con el cuadro y la calidad de sonido digital superior a los analógicos.

Para recibir las señales de HDTV existen dos posibilidades:

- Televisiónes digitales con la capacidad de descifrar y reproducir imágenes digitales, todo incluido en el receptor.



5. "Propuesta de implementación de un sistema de HDVT abierto en México."

- Un monitor digital capaz de exhibir HDTV, EDTV, o SDTV más un Set top-Box. La solución bipartita permite que los consumidores aumenten a HDTV cuando sea necesario.

Las televisiones que tenemos hoy en nuestro hogar seguirán funcionando, continuarán recibiendo difusiones análogas por lo menos 10 años o mas, Después de esto, los consumidores podrán conectar un Setop-Box a la TV existente para recibir señales digitales de la difusión de TV, pero no en alta definición, los aparatos de TV actuales continuarán trabajando con cable, satélite, VCRs, los DVD, y otros dispositivos por muchos años.

Si las estaciones locales ya están difundiendo HDTV, un sistema integrado es probablemente el sistema mas recomendado para comprar. Sin embargo, si las estaciones en su área todavía no están difundiendo HDTV, puede considerar comprar un monitor de alta definición ahora y conseguir imágenes mejoradas para los programas regulares de televisión (vía satélite, cable, o a través de la antena) y DVD; después se puede agregar un set top-box cuando las estaciones estén al aire con la programación digital.

El sonido agrega la emoción a la experiencia de la televisión y HDTV se realza con calidad CD. La señal de DTV puede incluir audio en el formato de Dolby Digital de 5,1 canales separando los canales delanteros izquierdos y derechos, los canales posteriores izquierdos y derechos, el centro y los canales de LFE (Efectos-subwoofer de frecuencia baja), se requiere adquirir un sistema de audio multicanal para poder reproducir estos efectos, sin embargo, algunos receptores ya incluyen las bocinas adicionales en la compra del receptor, tal es el caso de Sony Wega Theater 5.1.

Los VCRs y DVD trabajarán con las televisiones digitales, sin embargo, la calidad de imagen será igual a la que pueden entregar hoy. La calidad más alta comúnmente esta disponible en los DVDs y es de 480P (progresivo). Los planes están en trabajos para los sistemas de alta definición de DVD, tales productos no estarán disponibles para los consumidores por un tiempo en México, pero se desarrolló una entrada de estos el año 2006, además de una tecnología para conectar los dispositivos HDTV denominado HDMI (HD Multimedia Interfase), la cual conectará de forma automática y evitando compresión o pérdidas de calidad en receptores, Televisores, Equipos de cómputo (Vía Sony), cámaras digitales y de video.

Además de la programación de TV, se podrá recibir una variedad de información a través del bit-stream de los datos para realizar programas de TV o para proporcionar nuevos servicios. Por ejemplo, los programas de la TV pueden ser difundidos con una variedad de idiomas y de subtítulos, y los programas de deportes pueden ser difundidos de modo que el espectador individual pueda conocer estadísticas del jugador, estadísticas de juego, o cualquier otra información del evento sintonizado.

Los costos de los nuevos equipos es alto en el principio de la evolución de nuevas tecnologías, cabe recordar lo que sucedió con la introducción de la Televisión a color. en un principio eran caros cuando fueron introducidos, las nuevas Televisiones digitales eran bastante caras, con fabricantes que se concentraban inicialmente en modelos vistosos. Ahora, pasados los años en la transición, los precios han caído significativamente, como con cualquier electrónica del consumidor, mientras mas equipos de HDTV se vendan, el precio por unidad disminuye. Este dato es importante, en América el mayor consumidor de productos HDTV era EUA desde hace 5 años, pero con la inclusión de Argentina, Canadá y México al mercado de productos bajo la norma ATSC, el mercado crecerá significativamente y por lo tanto los costos decrecerán de forma paulatina hasta tener precios para receptores muy cercanos a los de receptores analógicos. Aunado a esto, otras industrias favorecerán el crecimiento del mercado, a pesar de que la Televisión de Alta Definición todavía no ha llegado a muchos hogares, está en las mentes de la industrias



5. "Propuesta de implementación de un sistema de HDVT abierto en México."

de gran consumo como la de video juegos, donde, los juegos creados para las consolas de la siguiente generación XBox 360 de Microsoft y el Play Station 3 de Sony desplegarán video en pantallas anchas en formato de Alta Definición si están conectadas a un televisor de Alta Definición.

A) Pantallas de Plasma.

Considerados como la mejor tecnología para el despliegue de imágenes de HDTV, este tipo de receptores ofrece una alta calidad de imagen, los modelos ofrecen un contraste dinámico y mayor nitidez, los ángulos de visión han aumentado hasta 170°, al ser un sistema de reproducción completamente digital evita perdidas de información entre pixeles. El costo de estos receptores es el más alto pero ofrece ventajas como un bajo consumo de energía y un peso mucho menor a otras tecnologías, además de dimensiones reducidas que los hacen parecer un artículo mas de la decoración de la habitación cuando están apagados.

Características de la Pantalla	Costo (Dólares)
70" Widescreen Professional Series HD Pantalla de Plasma	\$15,995.00
50" Widescreen Professional Series HD Pantalla de Plasma	\$6,495.00
42" Widescreen Professional Series HD Pantalla de Plasma	\$4,795.00
42" Widescreen Professional Series Pantalla de Plasma	\$3,295.00
37" Widescreen Professional Series Pantalla de Plasma	\$2,995.00
26" Widescreen Pantalla de Plasma	\$2,400.00
21" Widescreen Pantalla de Plasma	\$2,155.00

Tabla 5-1. Costos de las pantallas de HDTV de Plasma .

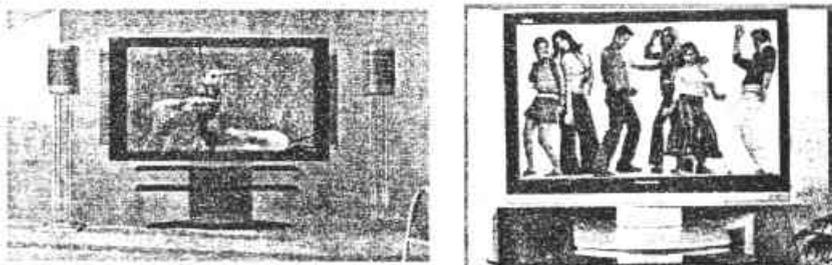


Figura 5-1. Pantallas de HDTV de Plasma.

B) Pantallas de LCD.

Los televisores de Cristal Liquido han evolucionado desde su aparición una década atrás, ofrecen una alta calidad de imagen, un consumo de energía bajo y tienen un nivel de contraste dinámico, con el sistema de Matriz activa, estos equipos permiten que los bordes de las imágenes sean mas notorios realizando los diferentes objetos y colores. Son la tecnología consumida por sus prestaciones y costo moderado, no todos los equipos son utilizados para desplegar señales de Televisión, algunos son utilizados para equipos de cómputo, en la versión multi-formato son capaces de desplegar una entrada de PC o una imagen de HDTV. Las dimensiones son reducidas y el peso también, en los equipos portátiles es la preferencia de muchas compañías (Equipos de computo, PDA's, celulares, etc.).

Los formatos de las pantallas son variados dependiendo de la aplicación que los requiere, el ideal para la



5. "Propuesta de implementación de un sistema de HDVT abierto en México."

HDTV es Widescreen, pero en otras aplicaciones se sigue manteniendo el 4:3, cuando un equipo no es Widescreen permite desplegar imágenes en este formato orientándose del centro de la pantalla hasta cubrir primero la distancia horizontal, por lo que la distancia de despliegue vertical queda reducida y se ve una franja negra en la parte superior y otra en la inferior de la pantalla.

Características de la Pantalla	Costo (Dólares)
70" Widescreen Pantalla de Retro-proyección HD LCD	\$10,122.00
50" Widescreen Pantalla de Retro-proyección LCD	\$4,235.00
42" Widescreen Pantalla de Retro-proyección LCD	\$3,850.00
32" Widescreen Pantalla de LCD	\$2,650.00
26" Widescreen Pantalla de LCD	\$2,035.00
21" Widescreen Pantalla de LCD	\$1,645.00
18" BT Series Multi-Formato Monitor a Color LCD	\$737.50
15" BT Series Multi-Formato Monitor a Color LCD	\$625.50

Tabla 5-2. Costos de las pantallas de HDTV de LCD.

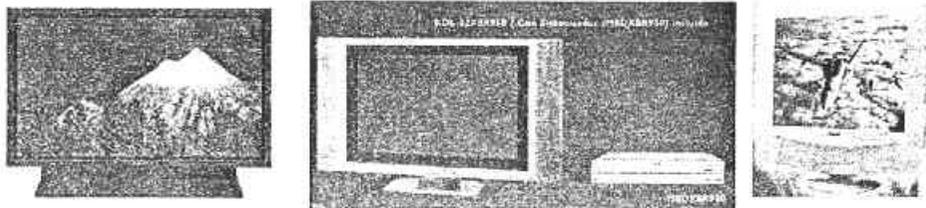


Figura 5-2. Pantallas de HDTV de Plasma .

C) Televisores de TRC.

La tecnología de Tubo de Rayos Catódicos ha sido utilizada desde la creación de la televisión, es un sistema que se adaptaba bien al funcionamiento de tipo analógico, este tipo de tecnologías es considerado de baja calidad y no recomendado para las señales de HDTV, las mejoras de los últimos 10 años por un despliegue de mejor calidad no alcanzan a satisfacer las necesidades de hoy. El sistema de TRC genera una pérdida de información ya que los puntos de incidencia no son "exactos" y en algunas líneas se activan puntos de fósforo simultáneos o no lo hacen, las dimensiones son muy grandes, el consumo de energía es muy alto y su vida se ve disminuida por la persistencia del brillo de fósforo o de los cañones de electrones. En cuestión de costo, son los mas baratos, pero es debido a que esta tecnología esta siendo descartada y se recomienda no comprar receptores de esta tecnología aun cuando su precio sea tentador.

Características de la Pantalla	Costo (Dólares)
57" Widescreen Televisor de proyección	\$2,650.00
46" Widescreen Televisor de proyección	\$2,100.00
34" Televisor de TRC.	\$1,175.00
29" Televisor de TRC.	\$850.00

Tabla 5-3. Costos de los televisores de TRC.

Los televisores de tipo proyección fueron los primeros equipos que se utilizaban para el despliegue de imágenes de HDTV de forma comercial, estos fueron la carta de presentación de la nueva tecnología y su costo era demasiado alto, a partir del 2003 se pusieron a la venta en nuestro país.



5. "Propuesta de implementación de un sistema de HDVT abierto en México."

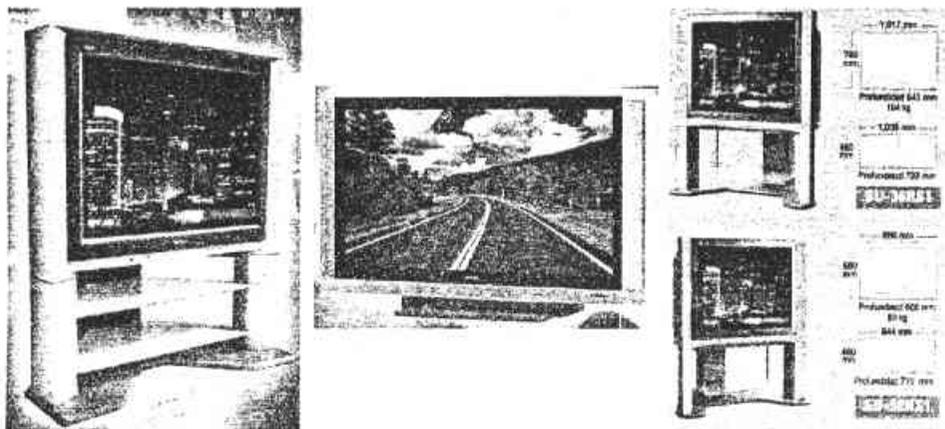


Figura 5-3. Televisores de TRC .

Para ocupar los actuales receptores de nuestros hogares y recibir señales de HDTV podemos conectar un equipo de recepción denominado Set-Top-Box (muy parecido los sintonizadores de Cable o Satélite), la imagen que se despliegue en nuestro receptor será de una calidad superior a la de la señal analógica obtenida con la antena convencional. No se podrá desplegar una imagen de la calidad de HDTV porque el receptor baja la calidad de la señal recibida y la envía en el formato de componentes digitales (Y, B-R y B-G) o S-Video hasta el televisor.

Los equipos Set-Top-Box en nuestro país aun no están disponibles el día de hoy (julio 2005), los trabajos por hacerlos llegar al mercado Mexicano ya están adelantados y se prevé que puedan ser incluidos en dispositivos de reproducción como los DVD's para justificar su costo.

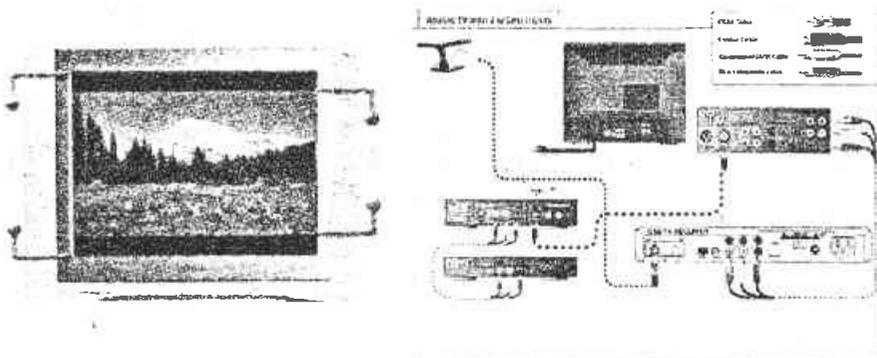


Figura 5-4. Receptor de formato 4:3 y su conexión con un Set-Top Box.



5. "Propuesta de implementación de un sistema de HDVT abierto en México."

D) Índice de ventas y costo de equipos.

Más de 4.4 millones de productos DTV han sido vendidos durante los primeros nueve meses de este año y el Comité de Exportaciones de América (CEA) espera ver las ventas más innovadoras cuando el 2004 llegue a su fin. Alrededor de 13.3 millones de unidades DTV han sido enviadas al mercado Estadounidense desde la introducción del producto en 1998 y esto se traduce en más de \$20 billones de dólares invertidos en DTV.

El estudio de mercado de CEA proyecta que se venderán 6.97 millones de unidades DTV en el 2004, 10.77 millones en el 2005, 16.77 millones en el 2006, 23.25 millones en 2007 y 27.05 en el 2008. CEA define productos DTV como aparatos integrados y monitores que utilizan líneas activas de barrido vertical de al menos 480p y en el caso de aparatos integrados, receptores y decodificadores de radiodifusión digital terrestre del Comité de Sistemas de Televisión Avanzada.

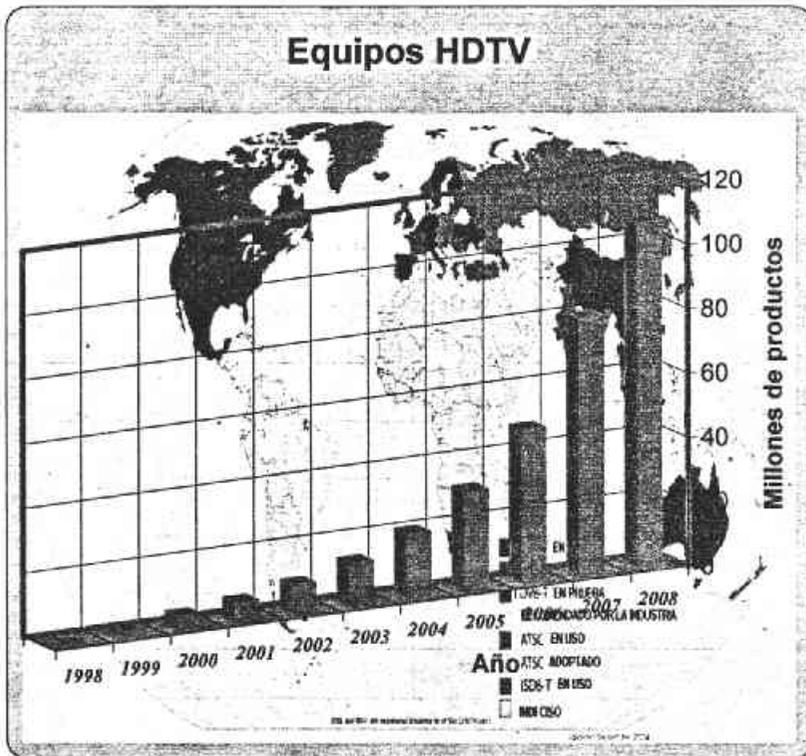
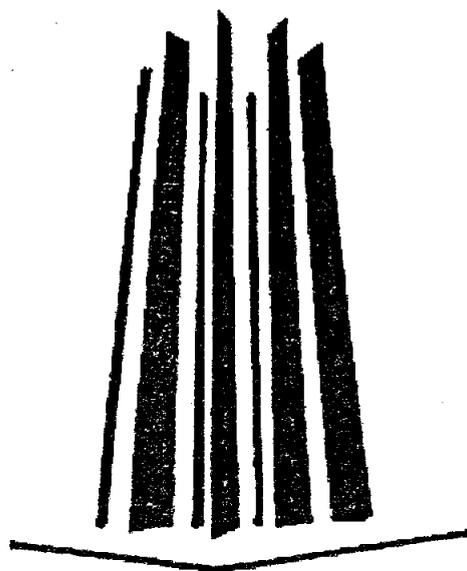


Figura 5-5 Indicadores de ventas de equipos HDTV.



FES "ARAGÓN"

Capítulo 6



6. "Conclusiones."

Capítulo 6. "Conclusiones."

Los sistemas de Televisión han evolucionado incluyendo los adelantos tecnológicos de la electrónica y comunicaciones, la era de la HDTV es la transición a un sistema que mejora la calidad de imagen en los receptores, considerando criterios técnicos como la exploración entrelazada, progresiva, el cociente de aspecto, la cantidad de elementos o píxeles de imagen y la calidad del sonido, tenemos un número de píxeles totales para el formato de HDTV en mas de 2 millones ($1920 \times 1080 = 2'073,600$) y el video de hoy de NTSC tiene solamente una resolución de 211.200 píxeles (480 líneas verticales y 440 píxeles horizontales), el formato de imagen tiene un cociente de aspecto 16:9, lo que permite un área de visión mayor, el método de exploración puede ser entrelazado para imágenes estáticas que requieren de resolución alta o exploración progresiva para imágenes con demasiado movimiento o acción rápida como los deportes.

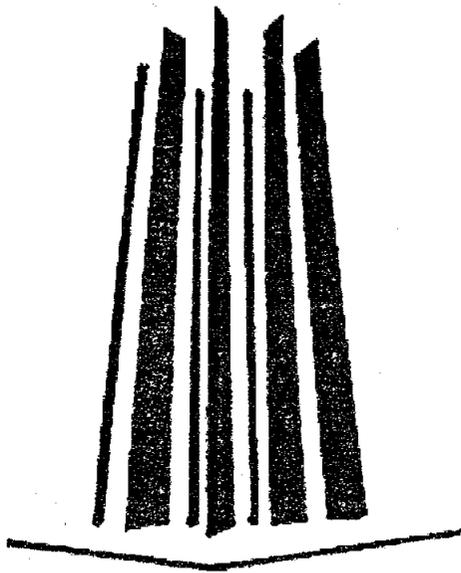
Los canales de audio permiten una calidad similar a los discos compactos, se añaden hasta 5 salidas con frecuencias y tiempos específicos para recrear un sonido envolvente, haciéndonos sentir el ambiente de la imagen que se percibe, se agregan servicios adicionales como programas en diferentes idiomas y aplicaciones para deficiencias auditivas entre otras. Al realizar la migración a un sistema digital de Televisión, las imágenes y los sonidos se convierten en datos que proporcionan una señal constante, altamente resistente a interferencia y elimina efectos de distorsión como la nieve y los fantasmas de los actuales receptores. De todo lo anterior, podemos concluir que los sistemas de HDTV son la alternativa que mejora minimamente al doble la calidad de imagen y de audio.

La televisión en México había adoptado un sistema de transmisión a color varias décadas atrás, durante el desarrollo de este trabajo se pudieron analizar las consideraciones técnicas importantes requeridas para implementar el sistema denominado NTSC, frente a una evolución inminente el día de hoy, es necesario evaluar las condiciones que se requieren y las opciones existentes para la etapa de Televisión Digital de Alta Definición. Destacando que los aspectos Técnicos de un sistema no siempre determinan su adopción en un país, existen otros aspectos de mayor peso para determinar la adopción de un sistema, algunos factores pueden ser comerciales, políticos, económicos o geográficos.

El trabajo cumple con el objetivo de dar a conocer los métodos, sistemas, equipos y técnicas para el desarrollo de un Sistema de Televisión Abierta, las normas Internacionales y Nacionales, los sistemas de HDTV existentes, así como las recomendaciones del grupo de Nuevas Tecnologías de la Comisión Federal de Telecomunicaciones, que dieron como resultado, un proyecto para la adopción del sistema de Televisión de Alta Definición en México y el cual se pretende apoyar con esta investigación.

Durante la transición a HDTV, las Teledifusoras operarán en canales analógicos (NTSC) y canales digitales, las programadoras decidirán qué programas poner en el canal digital y pueden decidir a "simulcast" los programas en ambas estaciones (es decir, al aire el mismo programa al mismo tiempo en las estaciones digitales y analógicas), SCT y COFETEL exigirán una cierta cantidad de simulcast durante el período de la transición.

La conversión a HDTV beneficia al público debido a la calidad de televisión mejorada y libre para los consumidores, además, existe el potencial de más información de la televisión hacia el consumidor y de sentido inverso (interacción); otro beneficio importante de HDTV es que liberará partes del espectro de transmisión en el futuro y permitirá su uso para otros servicios.



FES "ARAGÓN"

Glosario



Glosario.

Glosario.

Acceso Aleatorio (random access, Randomizacion): El proceso de comenzar a leer un flujo de datos en puntos arbitrarios o codificarlos de la misma forma.

ADC : Convertidor de señales analógicas a Digitales.

Amplificador: Dispositivo utilizado para aumentar el nivel de operación de una señal de entrada.

Ancho de banda: La diferencia entre la frecuencia máxima y la mínima contenidas en una señal.

Asignación de una Frecuencia o de un Canal Radioeléctrico: Autorización que otorga la Secretaría para que una estación radioeléctrica utilice una frecuencia o un canal radioeléctrico determinado en condiciones especificadas.

Atenuación: disminución en la magnitud de una señal, la diferencia de la señal de salida con respecto al nivel de la señal de entrada.

ATM (Asynchronous Transfer Mode, Modo de Transferencia Asíncrono): Protocolo de transferencia para redes, el canal de datos para ATM consiste en células que llevan información en 53 paquetes de 8 bits, 5 bytes son de cabecera y 48 bytes son de información.

Banda de frecuencias: Porción del espectro radioeléctrico que contiene un conjunto de frecuencias determinadas.

Bidireccional: Una comunicación bidireccional es aquella en la cual puede ser enviada información tanto desde un transmisor hacia un receptor como desde este último hacia el primero.

Bits: Palabra que significa símbolos o dígitos binarios; proviene de *binary digits*; es también una medida de la cantidad de información contenida en un mensaje.

Bit-Rate: Es la proporción de datos en un canal de transmisión a la entrada del decodificador.

Bit-rate constante: Es cuando el flujo de datos se mantiene constante desde el principio hasta el fin de la transmisión.

Bloque: Arreglo de 8 x 8 elementos de un segmento de imagen, los coeficientes de la TDC representan la información de luminancia o crominancia de la imagen.

Bps: Bits por segundo.

Cable coaxial: Conductor cilíndrico que rodea a un conductor central, colocado en el centro de un material dieléctrico.

Campo: Para una señal de video progresivo, un campo es el ensamblado de la alternación de líneas en un campo, también conocido como un cuadro de imagen. Para una señal de video entrelazado, este se conforma del llenado de líneas (par o impar).



Glosario.

Canal: Se usa para identificar una trayectoria a través de la cual serán enviadas señales; también se usa para describir una banda de frecuencias, es un medio de transmisión de señales entre dos puntos, por línea física, radioelectricidad, medios ópticos u otros sistemas electromagnéticos.

Canal adyacente: Se consideran dos canales cualesquiera como canales adyacentes cuando sus portadoras de video están separadas 6 Mhz.

Centro de recepción y control: El centro de recepción y control, fundamentalmente esta constituido por un conjunto de antenas adecuadas para la recepción de las diversas señales como son preamplificadores, receptores vía satélite, decodificadores, moduladores y procesadores, equipo para la generación local, equipos codificadores y cualquier equipo para el procesamiento de las señales.

Capa (Layer): Especificación para marcar diferentes niveles de servicios en una transmisión.

Cobertura: Es el área geográfica que está incluida en una red o un servicio de telecomunicaciones.

Codificación Huffman: Una fuente de datos digitales puede codificarse usando códigos de diferente longitud para representar símbolos que poseen un diferente índice de ocurrencia.

Compresión: Reducción del número de bits para representar una cadena de datos.

Control automático de ganancia: Circuito que controla automáticamente la ganancia de un amplificador, en tal forma que el nivel de la señal de salida es virtualmente constante para variaciones de la señal de entrada.

Convertidor: Dispositivo electrónico que cambia cualquier canal o canales de televisión de un canal dado a otro.

Cuadro de atribución de frecuencias Cuadro donde se inscriben las bandas de frecuencias atribuidas a diferentes servicios de radiocomunicación terrenal o por satélite o para servicios de radioastronomía, señalando la categoría atribuida a los diferentes servicios así como las condiciones específicas y restricciones en el uso de algunas frecuencias por determinados servicios de radiocomunicación.

Cuantificador: Proceso de niveles orientados a la precisión de los coeficientes de la TDC.

Decodificador: Proceso inverso a la codificación, se obtiene la información previo conocimiento del método de codificación aplicado.

DCT: Transformada discreta del coseno.

Demodulador: Dispositivo que recupera la información original que lleva una portadora modulada.

Edición: Proceso mediante el cual uno o más flujos de datos son manipulados para formar otro flujo de datos compuesto. Para realizar este procedimiento se requiere de los métodos definidos en el Estándar de Televisión Digital.



Glosario.

Encabezado de Paquetes PES: Los campos que incluyen identificación del paquete de datos del flujo de transporte .

Encabezado de Sistema (system header): La estructura de datos del encabezado del sistema resume la información de las portadoras del sistema de flujos multiplexados del Estándar de Televisión Digital.

Enlace: Medio de transmisión con características específicas, entre dos puntos, esto puede ser mediante canal o circuito Conjunto de instalaciones terminales y red de interconexión que funciona en un modo particular a fin de permitir el intercambio de información entre equipos terminales.

Espectro radioeléctrico: El espacio que permite la propagación sin guía artificial de ondas electromagnéticas cuyas bandas de frecuencias se fijan convencionalmente por debajo de los 3,000 Gigahertz.

Estación terrena: Estación situada en la superficie de la tierra, o en la parte principal de la atmósfera terrestre destinada a establecer comunicación con una o varias estaciones espaciales; o con una o varias estaciones terrenas, mediante el empleo de uno o varios satélites reflectores u otros objetos situados en el espacio. La estación terrena a su vez tiene la capacidad para conectarse con alguna red terrestre de telecomunicaciones privada o pública

Flujo PES: Un flujo de PES consiste en paquetes con cargas de datos para un flujo principal y que tienen el mismo ID de flujo de transporte.

Flujos Elementales (Elementary stream, ES): Son el término genérico utilizado para datos de los codificadores de video, audio u otro flujo de datos.

Flujos Fuente: Son flujos de datos no multiplexados después de una compresión.

High Definition Televisión HDTV : Televisión Digital de Alta Definición, tiene una resolución aproximadamente del doble de la televisión convencional en las dimensiones horizontal y vertical, tiene una relación de aspecto de 16:9, basada en la Recomendación de la ITU-R 1125.

Identificador de Paquetes (PID): Valor único entero utilizado para asociar elementos de un flujo de datos de un programa en el transporte, puede ser utilizado para múltiples flujos de transporte de programas.

Interferencia co-canal: Batido producido en el detector del televisor por recibir dos señales del mismo canal provenientes desde estaciones diferentes.

Mbps: 1,000,000 bits por segundo.

MPEG (Moving Picture Experts Group): Se refiere a los desarrolladores de el estándar del ISO/IEC JTC1/SC29 WG11.

MPEG-1: Referencia del Estándar ISO/IEC 11172-1 (Sistemas), 11172-2 (Video), 11172-3 (Audio), 11172-4 (Recopilación de Pruebas), y 11172-5 (Reportes Técnicos).



Glosario.

MPEG-2: Referencia del Estándar ISO/IEC 13818-1 (Sistemas), 13818-2 (Video), 13818-3 (Audio), 13818-4 (Recopilación de Pruebas).

Muestreo: Proceso mediante el cual se representa una señal continua por medio de valores discretos de la misma, llamados muestras.

Nivel Alto (High level): Nivel de codificación para video digital especificado por MPEG el cual corresponde a la Alta Definición.

Nivel de señal: Es el valor pico del voltaje de una señal, generalmente expresado en milivolt o en db con respecto a una referencia de 1 milivolt y 75 ohms.

Octeto: Es la cantidad de información de un carácter compuesto de ocho bits (byte).

Paquetes (PES): La estructura que se usa para transportar los datos de un flujo de transporte principal, este consiste en un Encabezado de Paquetes y los Paquetes de Carga.

PES: Abreviación de Flujo de Paquetes Elementales.

PID: Identificador de Paquetes.

Pixel (Picture element): Es una muestra digital de la intensidad de colores cuyo valor determina la intensidad de un solo punto en una imagen.

Portadora piloto: Una portadora transmitida por el sistema, que se utiliza para el control de circuitos especiales.

Preamplificador: Dispositivo diseñado para reforzar o incrementar el nivel de una señal tomada de la radiación directa de una estación a un nivel capaz de excitar a los siguientes amplificadores.

Proceso de decodificación: Proceso definido en Televisión Digital como leer a la entrada un canal de datos codificado y entregar a la salida un flujo de datos que pueden ser Audio o video.

Punto a multipunto: Comunicación que se origina en un punto geográfico y que puede estar destinada a muchos receptores en puntos geográficamente distantes.

Redundancia: Dígitos que se agregan a un mensaje, tales que, a pesar de no contener información, ayudan a detectar o corregir errores.

Reservado: Este termino se emplea para definir en un flujo de datos los parámetros que no son utilizados actualmente, pero diseñados para extensiones futuras del estándar de Televisión Digital.

Resolución: Medida de la definición de la imagen de un sistema de televisión, relativa a la percepción del detalle captado, determinada básicamente por el ancho de banda, velocidad de exploración y relación de aspecto.



Glosario.

Respuesta en frecuencia: Es la diferencia en amplitud que experimenta una señal, al desplazarse a lo largo del ancho de banda, con respecto al que tenía en la entrada.

Retardo de croma: Es el retardo que sufre la señal de crominancia respecto al de luminancia al pasar por el sistema.

Ruido: Perturbaciones indeseadas que tienden a oscurecer el contenido de información en una señal.

Satélite de comunicaciones: Satélite estacionado en una órbita ecuatorial, siempre en la misma posición respecto a la Tierra ("geoestacionario"), cuya función es reflejar señales que recibe desde un punto de la Tierra, hacia una región de ésta; los satélites están a una distancia de 35 784 Km. del ecuador.

Señales interferentes: Señales no deseadas presentes dentro del ancho de banda.

Servicio denominado por cable: Es aquel que se proporciona por suscripción mediante sistemas de distribución de señales de video y audio a través de líneas físicas, con sus correspondientes equipos amplificadores, procesadores, derivadores y accesorios, que distribuyen señales de imagen y sonido a los suscriptores del servicio.

Tasas de transmisión: Número de símbolos digitales que se transmiten por un canal en cada segundo.

TELECOM: Telecomunicaciones de México, Organismo Descentralizado de la Administración Pública Federal.

Telecomunicaciones: Toda emisión, transmisión o recepción de signos, señales, escritos, imágenes, voz sonidos o información de cualquier naturaleza que se efectúa a través de hilos, radioelectricidad, medios ópticos, físicos, u otros sistemas electromagnéticos.

Televisión de Definición Convencional (CDTV): Este termino es utilizado para mencionar el actual sistema analógico NTSC. Es parte de la recomendación ITU-R 470, la definición de los estándares de los Sistemas de Televisión están definidos en la ITU-R 1125.

Televisión de Definición Estándar (SDTV): Este termino es usado aplicado a la Televisión Digital cuya calidad es aproximadamente el equivalente a NTSC. Esta equivalencia de la calidad de video es una fuente de niveles 4:2:2 de la Recomendación ITU-R 601 y es procesada en partes el flujo de datos para su compresión.

Tiempo de decodificación (decoding time-stamp, DTS): Campo que puede estar representado en el encabezado de los paquetes PES, estos indican el tiempo de acceso a la unidad para ser decodificados.

Time-stamp: Término que indica el tiempo específico de la llegada de un byte para su representación, o el tiempo de presentación de una unidad.

Transformada Discreta del Coseno: Función matemática utilizada para reducir el número de elementos de información en la compresión de una imagen.



Glosario.

Vector de movimiento: Par de números que representan los desplazamientos vertical y horizontal de una región con referencia a una imagen para su predicción.

VS8-8: Modulación en banda Vestigial con 8 niveles de amplitud discretos.

VS8-16: Modulación en banda Vestigial con 16 niveles de amplitud discretos.

Abreviaturas de Organismos Internacionales y de Normalización:

AES (Audio Engineering Society) Sociedad de Ingenieros de Audio.

ARIB (Association of Radio Industries and Businesses) Asociación de Industrias de Radio y Negocios.

ATSC (Advanced Television Systems Committee) Comité de Sistemas de Televisión Avanzada de Estados Unidos.

AVS (Audio Video Coding Standard) Grupo de trabajo para la versión de DVD-HDTV en China.

DVB (Digital Video Broadcast) Grupo encargado de la norma para la Televisión en Europa.

DVI (Digital Visual Interface) Interfase Digital Visual, desarrollada para sistemas de conexión inalámbrica.

EBU (European Broadcasting Union) Unión de Difusores de servicios Europeos.

EIA (Electronic Industries Association) Asociación de Industrias Electrónicas.

ETSI (European Telecommunications Standards Institute) Instituto de Estándares Europeos de Telecomunicaciones, encargados de la elaboración de la norma DVB.

HDCD (High Definition Compatible Digital) Sistemas digitales compatibles con HDTV.

HDMI (High Definition Multimedia Interface) Interfase multimedia de Alta Definición, tecnología que permite la conexión de equipos HDTV sin necesidad de comprimir la señal o perder calidad.

IEEE (Institute of Electrical and Electronics Engineers) Instituto de Ingenieros Eléctricos- Electrónicos.

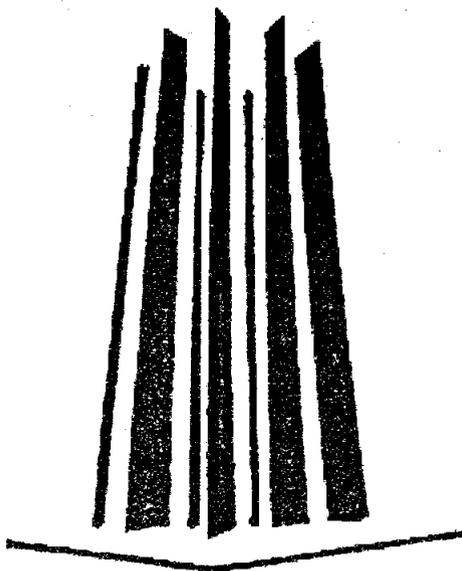
ISO (International Organization for Standardization) Organización de estándares Internacionales.

ITU (International Telecommunication Union) Unión Internacional de Telecomunicaciones.

SCTE (Society of Cable Telecommunications Engineers) Sociedad de Ingenieros de Telecomunicaciones vía cable.

SD Card (Secure Digital memory card) Tarjeta de seguridad digital, utilizada para restringir los permisos de grabación de materiales de video digital.

SMPTE (Society of Motion Picture and Television Engineers) Sociedad de Ingenieros de Video y Televisión, encargados de las normas de video digitales MPEG.



FES "ARAGÓN"

Bibliografía



Bibliografía.

Bibliografía

- Compresión de video, David Humberto López de Nava Flores, Ed. TELECOMM. México 1999.
- Diario Oficial de La Federación, México, Viernes 2 de Julio de 2004.
- DIGITAL IMAGE PROCESSING, Kenneth R. Castleman, Ed. Prentice Hall.
- DIGITAL IMAGE PROCESSING, Rafael C. González, RICHARD e: Woods. Ed. Addison Wesley.
- Digital Televisión. A practical guide for Engineers, Walter Fisher Springer- Verlay. Alemania 2004.
- Sistemas de Televisión, José Manuel Mossi García, Jorge Igual García. Ed. Universidad Politécnica de Valencia 1988.
- Televisión de Alta Definición: principios, estándares y radiodifusión directa por satélite, S. R. García, R. Ferroso, S. López, D. Muñoz. Ed. Centro de Investigación y de Estudios Avanzados del IPN y Instituto Mexicano de las Comunicaciones.
- Televisión en Color, Francisco Ruiz Vasallo, Perú 164-08020, Ed. Ceac, Barcelona España 1991.
- Televisión Engineering Handbook, K. Blair Benson, Ed. Mc Graw-Hill, Inc. 1992.
- Televisión Práctica y Sistemas de Video, 6° Edición, Bernard Grob, Charles E. Heradou, 2003 Tulsa Tecnology Center, Oklahoma. Ed. Alfaomega.

Consultas electrónicas de Internet.

- <http://www.dvb.org/about/index.html>.
- <http://www.atsc.org>
- <http://www.tvyvideo.com>
- <http://www.artear.com.ar>
- <http://www.tvlocal.com/docleg00.htm>
- <http://www.nhk.or.jp/str1/publica/b m-set-le18.html>
- <http://www.nhk.or.jp/str1/open99/de-2/shosai-e.html>
- http://www.dibeg.org/techp/Documents/Isdb-t_spec.PDF
- <http://www.cofetel.org>.
- <http://www.inegi.org.mx>.