

# **ESCUELA POLITECNICA NACIONAL**

**FACULTAD DE INGENIERIA ELECTRICA**

**ESPECIALIZACION EN ELECTRONICA  
Y  
TELECOMUNICACIONES**

**ESTUDIO Y ANALISIS DEL SISTEMA DE  
TELEVISION DE ALTA DEFINICION (HDTV)**

**FANNY ALICIA POZO MENESES**

**TESIS PREVIA A LA OBTENCION DEL TITULO DE  
INGENIERO EN LA ESPECIALIZACION DE INGENIERIA  
ELECTRONICA DE LA ESCUELA POLITECNICA NACIONAL**

**MARZO 1996**

## DEDICATORIA

A Dios. A mis padres por el amor, la comprensión, el sacrificio que a lo largo de toda mi vida me brindaron, por haberme enseñado a luchar, a superarme y estuvieron junto a mi para compartir mis victorias y mis derrotas, mis alegrías y mis tristezas. A mi hija quien fue, es y será mi vida misma, para seguir adelante en la búsqueda del desarrollo personal y profesional.


**FATMA A. POZO MENESES**

## *AGRADECIMIENTO*

*A la Ing. Tania Pérez cuya acertada dirección permitió la culminación del presente trabajo de tesis. Al Ing. Medardo Vallejo por su colaboración desinteresada. A mis hermanos por su comprensión y apoyo en los momentos difíciles. A todas las Empresas y personas que colaboraron para la culminación de esta investigación. A Dios por bendecir y guiarme hacia el bien.*

Certifico que bajo mi dirección la presente tesis fue realizada en su totalidad por la Sra:

Fanny A. Pozo Meneses

A handwritten signature in black ink, appearing to read 'Tania Pérez', with a stylized flourish at the end.

Ing. Tania Pérez

DIRECTOR

# INDICE

## INTRODUCCION

<b>CAPITULO 1. ANTECEDENTES A HDTV</b> .....	<b>1</b>
1.1 Televisión en Blanco y Negro .....	1
1.1.1 Elementos de imagen .....	2
1.1.2 Frecuencia de exploración vertical y horizontal .....	2
1.1.3 Barrido entrelazado .....	3
1.1.4 Sincronizaciones Horizontal y Vertical .....	5
1.1.5 Tiempos de barrido horizontal y vertical .....	6
1.1.6 Transmisión de Televisión .....	7
1.2 Televisión a color .....	9
1.3 Sistemas de televisión en color .....	13
1.3.1 Sistema NTSC .....	13
1.3.2 Sistema PAL .....	21
1.3.3 Sistema SECAM .....	29
1.4 Aspectos Principales del Procesamiento Digital de Señales para video .....	35
1.4.1 Selección de la frecuencia de muestreo .....	35
1.4.2 Codificador 4:2:2 (Y:Cr:Cb) .....	37
1.4.3 Decodificador 4:2:2 (Y:Cr:Cb) .....	40

CAPITULO 2. HDTV.....	42
2.1 Características Generales .....	43
2.1.1 Relación de aspecto .....	44
2.1.2 Distancia de observación y ángulo visual .....	45
2.1.3 Consideraciones de color .....	47
2.1.4 Frecuencia de imagen .....	48
2.1.5 Sonido en HDTV .....	49
2.2 Sistemas de transmisión .....	51
2.2.1 Sistemas de transmisión analógicos .....	52
2.2.2 Sistemas de transmisión digitales .....	68
2.3 Requerimientos de ancho de banda .....	86
2.3.1 Determinación del ancho de banda .....	86
2.3.2 Determinación de la razón de bits y la necesidad de compresión en Transmisión Terrestre HDTV .....	88
2.4 Compresión y Descompresión de video .....	91
2.4.1 Estimación y Compensación de movimiento .....	95
2.4.2 Transformada de Coseno Discreto (DCT) .....	99
2.4.3 Recuantización .....	104
2.4.4 Descompresión de video .....	105
2.5 Cancelación de imágenes fantasmas .....	106
 CAPITULO 3. TRANSMISION DE HDTV .....	 110
3.1 Requerimientos del transmisor .....	112
3.1.1 Clases de operación .....	116
3.1.2 Selección de amplificadores .....	117
3.2 Antenas para servicio terrestre .....	124
3.2.1 Opciones para transmisión simultánea (Simulcast) .....	128

3.2.2	Tipos de antenas .....	134
3.3	Líneas de Transmisión .....	139
3.4	Switcheo para enrutamiento digital .....	140
 <b>CAPITULO 4. RECEPCION .....</b>		<b>142</b>
4.1	Aparato receptor .....	142
4.1.1	Características Generales de un receptor HDTV .....	144
4.1.2	Decodificador de los sistemas de transmisión en estudio .....	146
4.2	Antenas de Recepción .....	155
4.3	Compatibilidad entre sistemas .....	157
 <b>CAPITULO 5. ESTUDIOS TECNICOS Y ECONOMICOS .....</b>		<b>159</b>
5.1	Tendencias de desarrollo de HDTV .....	160
5.2	Ensayos realizados .....	163
5.2.1	Antecedentes de los ensayos .....	164
5.2.2	Resultados de los ensayos .....	167
5.3	Factibilidad .....	171
5.4	Costos .....	172
5.4.1	Costos de la estación transmisora .....	173
5.4.2	Costo del equipo para recepción .....	179
 <b>CAPITULO 6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....</b>		<b>181</b>
 <b>GLOSARIO .....</b>		<b>194</b>

## ANEXOS

ANEXO A. Distribuidores para dividir la señal hacia las antenas .....	201
ANEXO B. Antenas para servicio HDTV digital .....	204
ANEXO C. Líneas de transmisión y conectores .....	211
ANEXO D. Equipos para HDTV .....	217
ANEXO E. Recomendación 601 del CCIR .....	224
ANEXO F. Recomendación 709 del CCIR .....	235



# INTRODUCCION

La importancia de la televisión como entretenimiento hogareño y medio de comunicación como es la videoconferencia, ha ido creciendo en las últimas décadas hasta convertirse en nuestros días en el mayor centro de esparcimiento y educación. Este hecho ha provocado un crecimiento de la demanda y una mayor exigencia de calidad tanto en programación como en señal; por tal razón, desde los años setenta se ha empezado con la investigación de un sistema de televisión que presente mejores características que el actual como son: pantalla más ancha, mayor número de líneas exploradas, calidad de color superior y audio cuadrafónico comparable con el que se tiene en un disco compacto, a este sistema se lo denomina Televisión de Alta Definición (HDTV).

Debido a que en nuestro país no existe la información necesaria sobre HDTV y considerando además que no podemos quedar retrasados a los avances en tecnología para televisión, se vió necesario realizar un estudio de este tema que actualmente constituye un área de exhaustivas investigaciones y permanente evolución en todo el mundo, dando origen al presente tema de tesis cuyo título es "ESTUDIO Y ANALISIS DEL SISTEMA DE TELEVISION DE ALTA DEFINICION (HDTV)".

Esta tesis está estructurada de la siguiente manera:

El primer capítulo aborda las características generales de los sistemas convencionales (NTSC, PAL, SECAM); realizando un análisis desde televisión en blanco y negro hasta llegar a un procesamiento digital de la señal de video; toda esta evolución en el campo de la televisión con el objetivo de mejorar la calidad de la señal.

El segundo capítulo trata los aspectos generales del sistema de televisión de alta definición; y las características de los sistemas Americano, Japonés y Europeo. Otro punto que se trata es la compresión; ya que, debido al incremento del número de pixels en la imagen tanto horizontal como verticalmente dá como resultado que el ancho de banda aumente aproximadamente cinco veces con respecto al estándar actual; por tal razón, es necesario recurrir a técnicas con un alto grado de compresión para ajustar la señal HDTV dentro de los 6 MHz.

En el tercer capítulo se estudia la problemática general de la transmisión terrestre, en el cual se presenta las nuevas tendencias hacia la transmisión digital de señales de televisión, y los factores críticos de los equipos que se deben tomar en cuenta para tener una excelente transmisión y recepción.

El cuarto capítulo presenta un tipo de receptor HDTV y las diferencias con el convencional. Debido a que no existe un estándar definido para HDTV en el mundo, las casas fabricantes no pueden comercializar este tipo de televisor y únicamente los tienen para propósitos de demostración. Para el caso de Japón existe actualmente transmisión HDTV pero la misma está restringida a una hora diaria.

En el capítulo quinto se realiza los estudios técnicos y económicos del sistema HDTV; en el que se incluye los resultados de los ensayos realizados por el ATTC (*Advanced Television Test Center*) a los tres sistemas de transmisión digital bajo prueba en condiciones ambientales reales comparando con el sistema NTSC. En cuanto al costo del sistema total solamente valores aproximados se pueden obtener, ya que a medida que la tecnología en VLSI avance se podrán obtener equipos más eficientes y baratos. Se muestra en forma general las tendencias que puede tener HDTV en aplicaciones no específicas de broadcast, como pueden ser comerciales, educativas, industriales, médicas, etc.

El capítulo sexto contiene las conclusiones y recomendaciones que se obtuvieron después de analizar en forma general todo el sistema HDTV; así como la opinión de Ingenieros dentro del área de televisión sobre el futuro de HDTV en nuestro país.

Al final se incluyen varios anexos tanto de recomendaciones como de equipos que se encuentra en el mercado para monitoreo, sincronismo y transmisión de HDTV.

El estudio realizado del sistema de televisión de alta definición se espera que sea un material de apoyo y consulta para las generaciones futuras y quienes trabajan en el campo de la televisión, y en el momento en que este sistema llegue a nuestro país estar preparado técnicamente para afrontar los posibles problemas que surjan durante su implementación y desarrollo.

# CAPITULO 1

## ANTECEDENTES A HDTV

En el transcurso de este siglo la televisión se ha desarrollado significativamente, desde imágenes en blanco y negro, hasta sistemas de televisión a color de definición mejorada, todo esto se ha logrado gracias al desarrollo de la tecnología electrónica y del área de radiodifusión.

Además, las normas de televisión varían de un país a otro. Actualmente existen tres sistemas de televisión a color funcionando a nivel mundial: NTSC que fue el primer sistema adoptado para difusión comercial, posteriormente surgieron los sistemas PAL y SECAM.

La investigación actual en el campo de la televisión, está siempre buscando la manera de mejorar la calidad de la señal de video, ya no con medios analógicos sino digitales a través del procesamiento digital de la señal de video, sin cambiar con esto los estándares establecidos para la televisión.

### 1.1 Televisión en Blanco y Negro

Para este sistema se utiliza técnicas de barrido en la transmisión de información bidimensional  $x,y$  (imagen) a través de un sistema unidimensional  $t$  (tiempo); es decir, la señal de televisión es una función de tres dimensiones que son:  $x$ ,  $y$  y  $t$ .

La imagen es explorada secuencialmente con líneas horizontales una a continuación de la otra, completando de esta manera un cuadro. Si se presentan estos cuadros en una sucesión muy rápida, se adquiere la sensación de continuidad.

### **1.1.1 Elementos de Imagen**

Cada imagen es una sucesión ordenada de varias áreas pequeñas de diferente luminosidad (elementos de imagen) llamados pixels, que si se los explora en un orden secuencial en relación al tiempo, se tendrá una señal de video. El barrido se efectúa de izquierda a derecha y de arriba hacia abajo, línea por línea, produciéndose de esta manera movimiento de exploración tanto horizontal como vertical. Sin embargo, el número de líneas de exploración en que se divide una imagen debe ser suficientemente grande de tal manera que comprenda mayor número de elementos de imagen, con lo que se captan más detalles en la escena mejorando la calidad resolutive de la imagen.

### **1.1.2 Frecuencia de exploración vertical y horizontal**

Para producir una ilusión de movimiento y de continuidad de la imagen, la escena tiene que ser explorada a cierta velocidad, proporcionando de esta manera un número suficiente de imágenes completas (cuadros) por segundo; se ha normalizado para el sistema NTSC una exploración de 525 líneas para un cuadro, y el tiempo correspondiente a un cuadro es  $1/30$  seg., por tanto la frecuencia de repetición de imagen es de 30 Hz (que es la mitad de la frecuencia de la línea de distribución de energía de C.A. de 60 Hz). El sistema NTSC asigna a cada canal de difusión comercial un ancho de banda de 6 MHz.

Para reducir el ancho de banda de la señal de video a la mitad, se envían líneas alternadas; entrelazando las líneas de exploración horizontal en dos grupos cada uno de

262.5 líneas denominados campos; conteniendo el primero las líneas impares y el segundo líneas pares, por tanto el tiempo de barrido de un campo es de  $1/60$  de segundo (en los países en donde la frecuencia de la línea de energía es 50 Hz, la velocidad de campo es 50 Hz y la frecuencia de cuadro es 25 Hz), con lo que la frecuencia de barrido es de:

$$262.5 \text{ líneas/campo} * 60 \text{ campos/segundo} = 15750 \text{ Hz}$$

Siendo este valor la velocidad con que el haz electrónico completa su ciclo de movimiento horizontal de izquierda a derecha y regresa a la izquierda, por tanto en términos de tiempo de exploración horizontal será:

$$t_H = 1/15750 \text{ Hz} = 63.5 \text{ useg}$$

### 1.1.3 Barrido Entrelazado

El proceso de barrido de la pantalla adoptado para los sistemas de televisión a nivel mundial consiste en una exploración horizontal de líneas pares e impares entrelazadas.

La exploración entrelazada empieza en la parte superior izquierda (Fig. 1-1a) y se efectúa de izquierda a derecha, retrocediendo rápidamente después de cada barrido de línea, esto lo realiza a razón de 15.75 KHz; debido al lento barrido vertical generado a una frecuencia de 60 Hz, produce una cierta inclinación de las líneas. Esto se repite sucesivamente hasta la parte inferior de la pantalla, donde sólo se recorre media línea, barriéndose de esta manera 262.5 líneas del primer campo impar.

El haz electrónico al final del campo retrocede con un movimiento de zig-zag horizontal (Fig. 1-1b), alcanzando el centro superior de la pantalla. Las líneas exploradas durante el retorno vertical no son visibles, debido a que el haz electrónico queda suprimido por la tensión de borrado

durante este tiempo.

Para la exploración del siguiente campo que contiene las líneas pares, el haz repite el barrido horizontal y vertical (Fig. 1-1c), hasta alcanzar la línea inferior izquierda de la pantalla. El retorno vertical comienza en el lado inferior izquierdo (Fig. 1-1d), desde este punto el retorno lleva el haz a la parte superior izquierda, completando de esta manera un cuadro para luego empezar con el tercer campo.

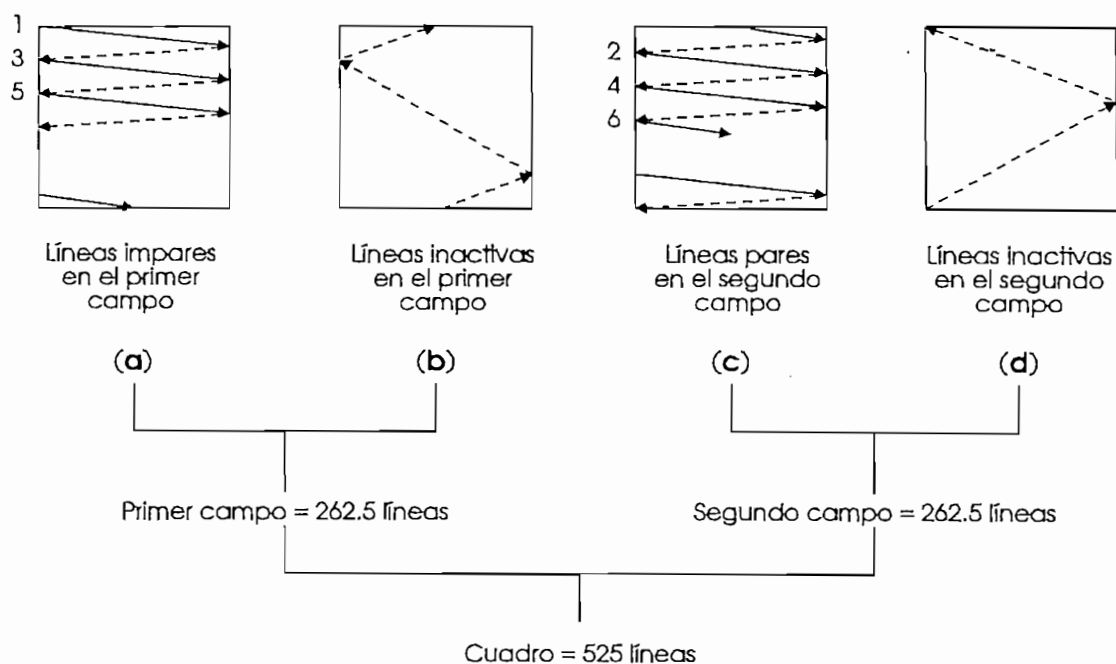


Fig. 1-1 Exploración entrelazada de dos campos.

La condición principal para el barrido entrelazado es que los puntos iniciales en la parte superior de la pantalla estén separados media línea entre los campos par e impar, por tanto este tipo de exploración requiere en los sistemas NTSC, PAL ó SECAM un número impar de líneas horizontales.

### 1.1.4 Sincronizaciones Horizontal y Vertical

Se necesita una sincronización adecuada para reconstruir una imagen estable en el receptor; esto es, para que se correspondan exactamente la exploración del transmisor y la del receptor. Los impulsos rectangulares sincronizadores se transmiten como parte de la señal completa de televisión, pero ocurren cuando no se está mandando información de video; es decir, en el tiempo de borrado. Con el pulso de sincronismo se inicia el retorno, ya sea vertical u horizontal.

Un impulso de sincronización horizontal se manda al final de cada línea, la frecuencia de la exploración de líneas horizontales es 15750 Hz y la frecuencia de impulsos sincronizadores horizontales es también 15750 Hz. Si no existieran los pulsos de sincronismo horizontal, la imagen se desplazaría a la izquierda o a la derecha, perdiendo estabilidad.

La sincronización vertical y el barrido de media línea se realiza generando un pulso de sincronismo al final de cada campo lo que determina el comienzo del retorno vertical, por consiguiente la frecuencia de los impulsos sincronizadores verticales es 60 Hz. Sin la sincronización vertical, la imagen se deslizaría subiendo y bajando en la pantalla, esta ya no permanecería fija. Durante el tiempo de borrado y de sincronismo vertical se envía un tren de pulsos de sincronismo horizontal que consiste en una serie de pulsos de igualación y de sincronización generados al doble de la frecuencia de barrido horizontal; es decir, a 31.5 KHz con la misma amplitud pero su anchura ó su forma de onda diferente representada en la Fig. 1-2.

En la Fig. 1-2 se observa, de izquierda a derecha, un grupo de seis impulsos igualadores, la sincronización vertical está compuesta de un impulso fraccionado, que se aplica a un integrador en el receptor para accionar el



oscilador de barrido vertical. Luego de los pulsos de sincronismo vertical nuevamente se tienen seis impulsos igualadores adicionales.

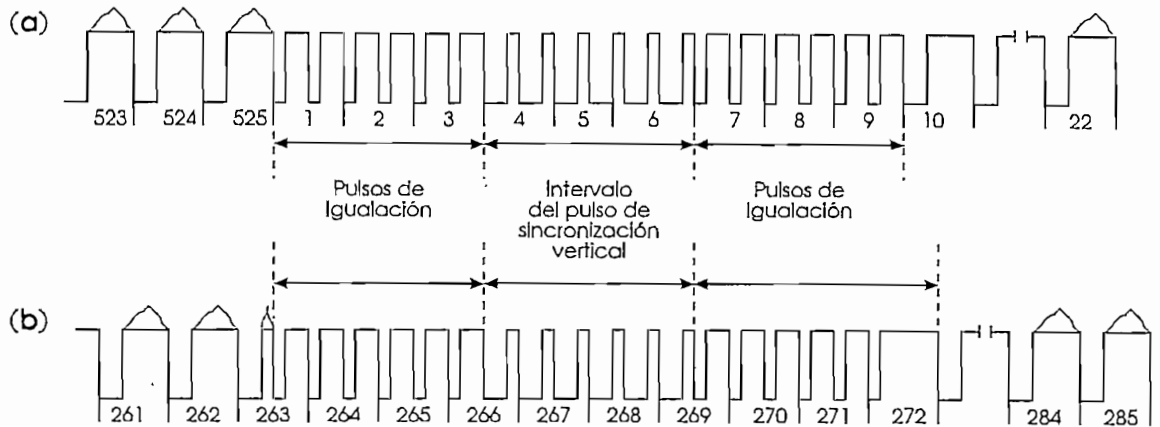


Fig. 1-2 Pulsos de sincronismo para (a) campo par (b) campo impar.

Los impulsos igualadores están espaciados a intervalos de media línea y se los inserta para facilitar la sincronización vertical, suministrando formas de onda idénticas en la señal de sincronización vertical, estas señales deben estar separadas para los campos pares e impares, obteniéndose de esta manera una sincronización constante y un perfecto entrelazado.

### 1.1.5 Tiempos de barrido horizontal y vertical

En una señal de video el borrado de los retornos horizontal o vertical, se efectúa con un ennegrecimiento u oscurecimiento de la pantalla; es decir, la tensión de borrado está en el nivel de negro, consiguiendo de esta manera hacer invisibles las líneas de retorno en la exploración. Las líneas de retorno horizontal de derecha a izquierda son borradas por los impulsos horizontales de 15750 Hz, mientras que los impulsos verticales a 60 Hz borran las líneas de retorno desde la parte inferior hasta la parte superior de la pantalla al final de cada campo.

El tiempo de retorno horizontal corresponde aproximadamente al 16% de cada línea horizontal, incluyendo el trazo y el retorno, esto es 63.5 useg., por tanto el tiempo de borrado de cada línea es 10.2 useg. El tiempo de borrado vertical es el 8% del período de barrido de 60 Hz, entonces 0.0013 seg. es el tiempo de retorno de campo. Por lo tanto; la secuencia de borrado empieza poniendo la señal en un nivel de negro, para dar paso luego a la señal de sincronismo con lo que se inicia el retorno ya sea vertical u horizontal.

Como se mencionó antes, el tiempo que toma el intervalo de borrado vertical equivale a 0.0013 seg y el tiempo de exploración horizontal de cada línea es 63.5 useg., se tendrá que durante el borrado vertical se pierden cerca de 21 líneas, de las cuales las primeras nueve líneas están ocupadas por las señales de ecualización y sincronismo, dejando de esta manera las líneas 10 a 21 para otros usos.

### **1.1.6 Transmisión de Televisión**

La información de video para televisión se transmite usando modulación de amplitud (AM) de gran portadora y la señal de sonido asociada a cada canal a través de modulación de frecuencia (FM).

Debido a las restricciones de ancho de banda asignado a cada canal, esto es 6 MHz, no se envían las dos bandas laterales sino que se usa una forma de banda lateral residual para transmitir la información de video, como se observa en la Fig. 1-3.

La banda lateral inferior es filtrada y está limitada en banda a 1.25 MHz por debajo de la portadora de video. La portadora de audio está a 4.5 MHz por encima de la portadora de video, con una desviación de frecuencia pico de 25 KHz.

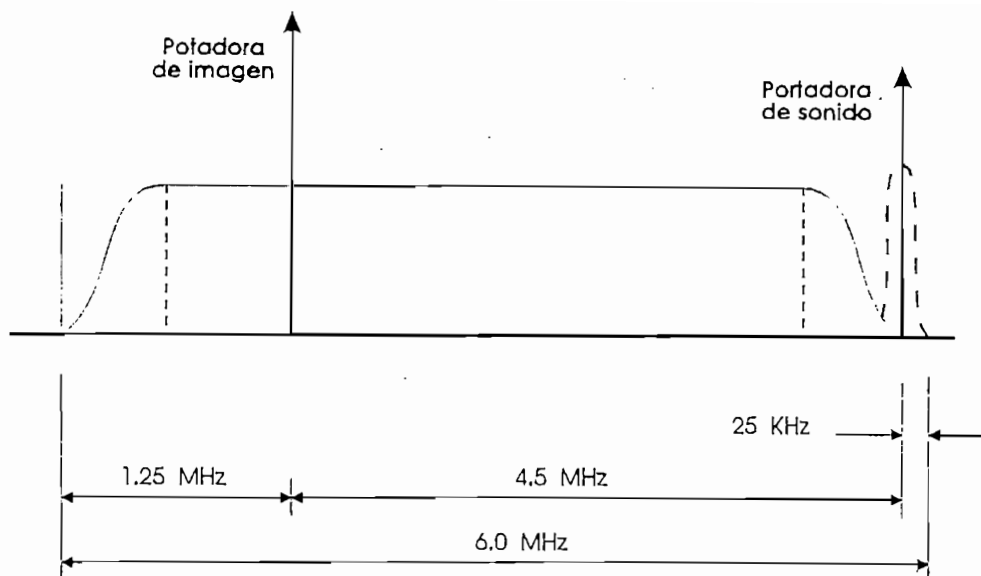


Fig. 1-3 Espectro simplificado de un canal de televisión.

En la Fig. 1-4 se muestran los niveles de la modulación de amplitud usados para video, utilizando una transmisión negativa, ó polaridad negativa de modulación; es decir, menor amplitud corresponde a una escena más brillante (mayor contenido de blanco), mientras que mayor amplitud representa una escena más oscura, obteniéndose de esta manera una eficiencia mayor ya que la mayoría de las imágenes contienen más niveles blancos que negros, entonces la amplitud de la portadora es baja la mayor parte del tiempo y el transmisor utiliza menor potencia.

Las amplitudes de la señal de video modulada serían:

- Pulso de sincronismo = 100% = - 40 IRE = 0.286 V
- Nivel de borrado = 75% = 0 IRE = 0.0 V
- Negro de referencia = 70% =  $7.5 \pm 2.5$  IRE =  $0.054 \pm 0.018$  V
- Nivel de blanco =  $12.5\% \pm 2.5\%$  = 100 IRE = 0.714 V

Por otro lado para la asignación de canales debe tomarse en cuenta que la portadora de imagen debe tener una frecuencia superior que la más alta frecuencia de video de 4 MHz, utilizando los canales de televisión comprendidos en las bandas VHF (50-300 MHz) y UHF (300-900 MHz). En todas las bandas cada canal tiene un ancho de 6 MHz, en el cual

está incluido las señales portadoras de RF de imagen y sonido, más la información de audio y video.

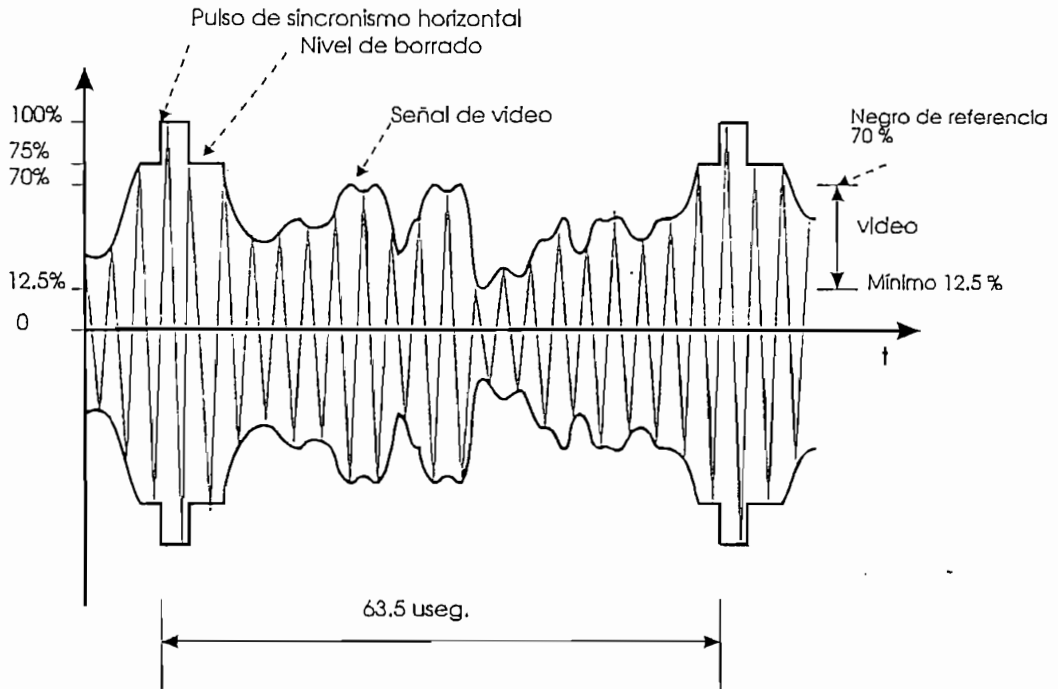


Fig. 1-4 Señal de video modulada.

Uno de los aspectos importantes en una transmisión de televisión es la potencia del transmisor que generalmente está determinada por las especificaciones de potencia máxima o pico de 0.5, 5, 20, ó 50 kW. Tomando en cuenta que la potencia radiada efectiva (ERP) es más alta porque comprende además la ganancia del sistema radiante.

## 1.2 Televisión a Color

Los sistemas de televisión a color tienen el mismo principio de funcionamiento que la televisión monocromática a la que se le ha añadido información de color, debiendo ser compatible con el sistema en blanco y negro. En la información de imágenes a color, para hacer una reproducción aceptable para la visión humana, se necesitan 3 colores primarios: rojo(R), verde(G) y azul(B); mezclando de manera apropiada estos colores, es posible obtener casi todos los colores de la naturaleza. En televisión a color se utilizan

mezclas aditivas; como consecuencia de mezclar fuentes de luz de colores, el color resultante contiene mayor energía luminosa que los originales como se muestra en la Fig. 1-5.

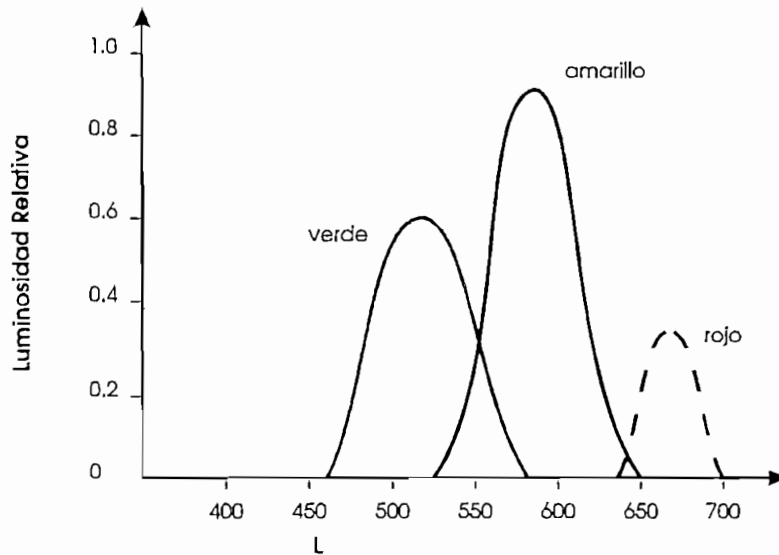


Fig. 1-5 Mezcla Aditiva.

Si se mezclan luz roja y luz verde se obtiene el amarillo, de igual forma, el rojo y el azul producen un color violeta (magenta), el verde y el azul producen un azul particular (cyan). Cuando se mezclan los tres colores en determinadas proporciones, el resultado es el blanco.

En televisión es común describir una imagen en términos de su luminancia (brillantez) y su crominancia (color), puesto que los receptores blanco y negro utilizan la parte de luminancia de la señal compuesta, consiguiendo con esto la compatibilidad; mientras que los de color usan las dos señales. Además los sistemas a color deben conservar las especificaciones del canal monocromático como son: ancho de banda del canal, relación de aspecto, número de líneas por cuadro, frecuencia de barrido horizontal y frecuencia de barrido vertical.

La información sobre la crominancia, se describe en términos de matiz y saturación, para comprender de mejor manera se coloca los tres colores primarios en los vértices de un triángulo equilátero Fig. 1-6. A causa de la mezcla de

estos colores, se obtiene el amarillo, el magenta (turquesa) y el cyan (purpura) a lo largo de los lados del triángulo de color y en su centro el blanco.

Se observa en la Fig 1-6 que los colores pueden definirse por una magnitud radial y un ángulo; entonces el matiz o tinte será el color que varía con el ángulo, y la medida de pureza del color se denomina saturación, que varía con la distancia radial desde el centro; la saturación de un color determinado depende de su grado de mezcla con luz blanca. Un color está altamente diluido si está cerca del centro, y se denomina pálido o pastel, mientras que al alejarse está más saturado. Los puntos con igual ángulo a lo largo de una línea tendrán el mismo matiz.

La luminancia es una medida de la energía de la luz incidente; es decir, indica la cantidad de intensidad luminosa que es distinguida como brillo por el ojo humano; así en una imagen en blanco y negro las partes oscuras tendrán menor luminosidad que las claras. En los sistemas a color se toma en cuenta la respuesta del ojo humano a las diferentes longitudes de onda de la luz, la cual no es igual para todo el espectro. Experimentalmente se ha llegado a obtener una curva de luminosidad relativa por el observador medio, Fig. 1-7.

De la Fig. 1-7 se concluye que la respuesta del ojo es mayor a una longitud de onda de 550 milimicras que corresponde a un color amarillo verdoso, disminuyendo hacia longitudes mayores y menores, cayendo más rápidamente hacia el azul. Por lo tanto en términos de colores primarios para conformar el blanco no se combinan en proporciones iguales de R, G y B, sino que lo hace en relación con la sensibilidad del ojo a cada color primario; se combina 59% de verde, 30% rojo y 11% azul.

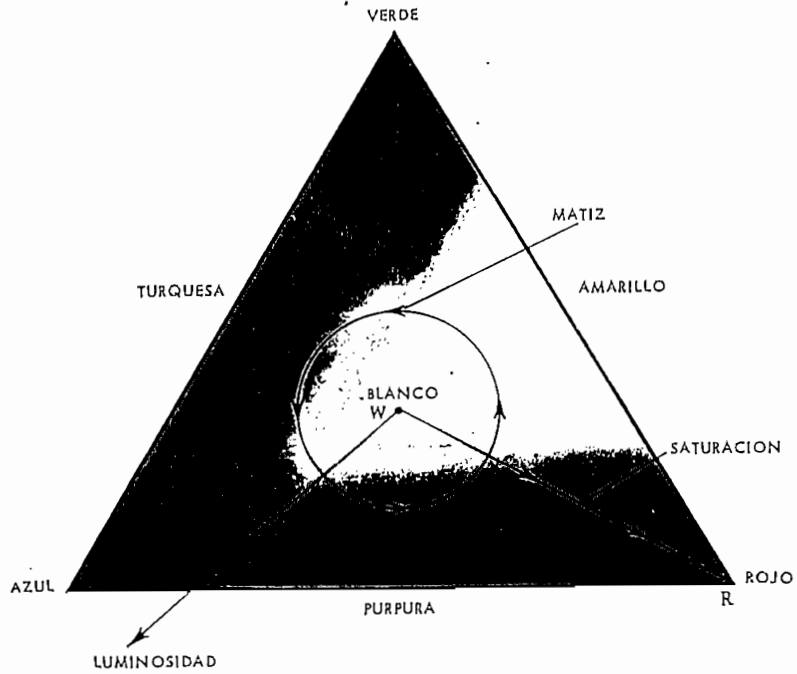


Fig. 1-6 Triángulo de color que muestra el matiz y la saturación.

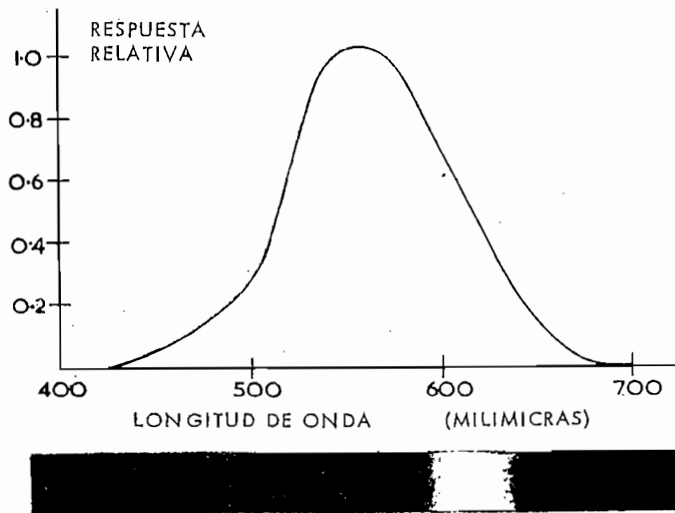


Fig. 1-7 Respuesta a los colores del ojo humano medio.

## 1.3 Sistemas de Televisión en Color

El primer sistema de televisión en color aceptado para difusión comercial en forma permanente fue NTSC (National Television Systems Committee) en 1954. Posteriormente fueron desarrollados otros sistemas de color teniendo muchas similitudes con el sistema NTSC, siendo estos el sistema PAL (Phase Alternating Line) y el SECAM (Sequential couleur a Memoire).

El sistema NTSC de Televisión en color es el normalizado en Estados Unidos, Canadá, Japón y varios países del hemisferio oeste, el sistema PAL que esta vigente en Alemania, España y otros países europeos, y el SECAM es el sistema francés que funciona en Rusia y otros países de Europa Oriental.

La diferencia fundamental entre estos tres sistemas radica en el método de procesar la señal que llega a la cámara de color, para posteriormente ser transmitida, tomando en cuenta que en el receptor debe existir un acondicionamiento de los circuitos para la reproducción de la señal.

### 1.3.1 Sistema NTSC

El sistema NTSC separa la información en señales de luminancia y de crominancia las cuales se transmiten en forma simultánea usando multiplexación en frecuencia. Este sistema se ha diseñado para ser compatible con el monocromático, basándose en 525 líneas y 60 campos por segundo con exploración entrelazada. La componente de luminancia  $Y$  está formada por la suma de los tres colores primarios (R, G, B); esta señal se cuantifica en igual proporción que la respuesta del ojo humano a las frecuencias de los colores primarios esto es:

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

Ec. [1.1]



En esta señal esta contenida toda la información que un receptor en B/N necesita para reproducir una imagen. Además se transmiten dos señales de diferencia de color que se obtienen restando la luminancia de R y B.

$$R - Y = 0.7R - 0.59G - 0.11B \quad \text{Ec. [1.2]}$$

$$B - Y = 0.89R - 0.59G - 0.3B \quad \text{Ec. [1.3]}$$

(G - Y) no se transmite y se la obtiene en el receptor combinando adecuadamente las Ec. [1.2] y [1.3], además dos mezclas son suficientes para tener toda la información del color original de los tres primarios.

Puesto que la transmisión de un color totalmente saturado requiere picos instantáneos mayores que los requeridos para la monocromática, resultando ser una sobrecarga bastante grande en el transmisor; se utilizan las señales I y Q que se derivan de las Ec. [1.2] y [1.3]:

$$I = 0.6R - 0.28G - 0.32B \quad \text{Ec. [1.4]}$$

$$Q = 0.21R - 0.52G + 0.31B \quad \text{Ec. [1.5]}$$

Por otro lado como la resolución del ojo humano es menor para el color que para el blanco y negro, y experimentalmente resulta que puede resolver detalles más finos en naranja y cyan que en verde y magenta; aprovechando esto, la subportadora de crominancia de referencia puede adelantarse  $33^\circ$  en el transmisor; formándose nuevos ejes llamados I y Q ( Fig 1-8).

Para la señal Q se obtiene que un ancho de banda de 0.5 MHz es adecuado, y se utiliza modulación de doble banda lateral (DSB). La señal I necesita una banda más ancha del orden de 1.3 MHz, utilizando modulación de banda lateral residual para restringir el ancho de banda a cerca de 500 KHz sobre la frecuencia subportadora (Fig. 1-9). Estas señales se modulan en cuadratura con el fin de utilizar una sola portadora para la transmisión y para que en el receptor

puedan ser separadas y no se interfieran la una con la otra.

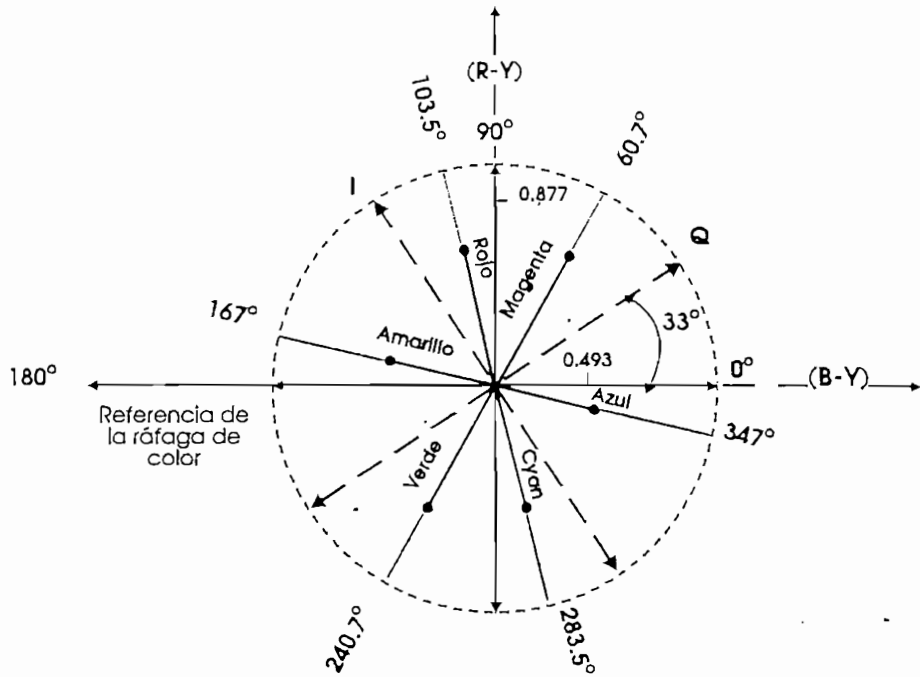


Fig. 1-8 Diagrama fasorial de relaciones de fase de crominancia.

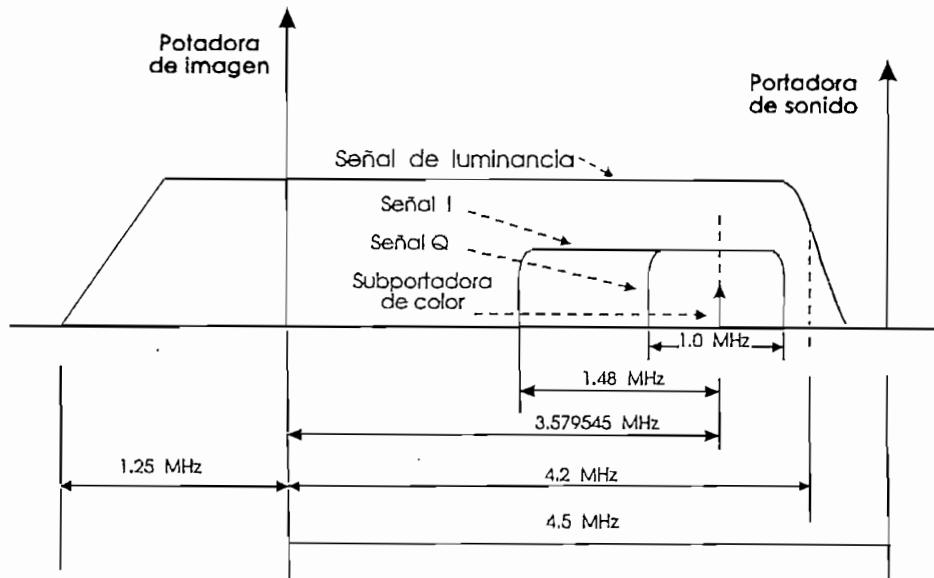


Fig. 1-9 Espectro de la señal de televisión en color, mostrando los espectros I y Q.

En el diagrama de bloques de la Fig. 1-10 se observa que la frecuencia de la subportadora de color de 3.58 MHz es acoplada a los circuitos de los moduladores balanceados de las señales I y Q, que producen modulación de amplitud con portadora suprimida. La señal del oscilador de 3.58 MHz ( $F_{sc}$ )

es desfasada 90° antes de entrar al modulador Q.

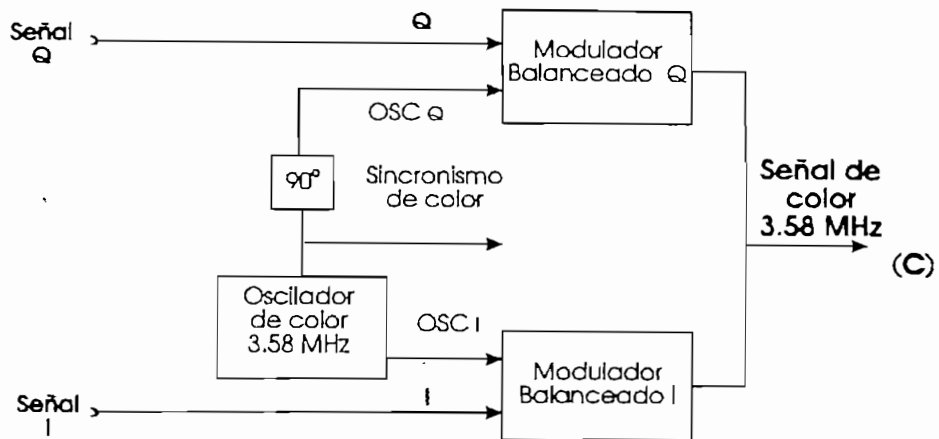


Fig. 1-10 Modulación en cuadratura de las señales I y Q.

La expresión matemática de la señal de color es:

$$C = Q \text{ sen } (\omega t + 33^\circ) + I \text{ cos } (\omega t + 33^\circ) \quad \text{Ec. [1.6]}$$

donde:  $\omega = 2 \pi f_{sc}$

Otro de los valores importantes es la frecuencia subportadora de color; la información espectral de luminancia tiende a concentrarse alrededor de los armónicos de la frecuencia de barrido horizontal, siendo la armónica cero o de referencia la portadora de imagen; la información de crominancia también se muestra a la tasa de barrido horizontal, pero su referencia se halla en la frecuencia subportadora de color.

La elección de esta frecuencia, se la realiza tomando en cuenta que los espectros de las señales de crominancia queden exactamente entre los de la señal de luminancia, evitando su interferencia, Fig.1-11.

Transmitiéndose de esta manera la señal de luminancia y de crominancia en el mismo ancho de banda que para una señal monocromática. Por tanto, la frecuencia subportadora de color debe ser un múltiplo impar de un medio de la tasa de barrido horizontal.

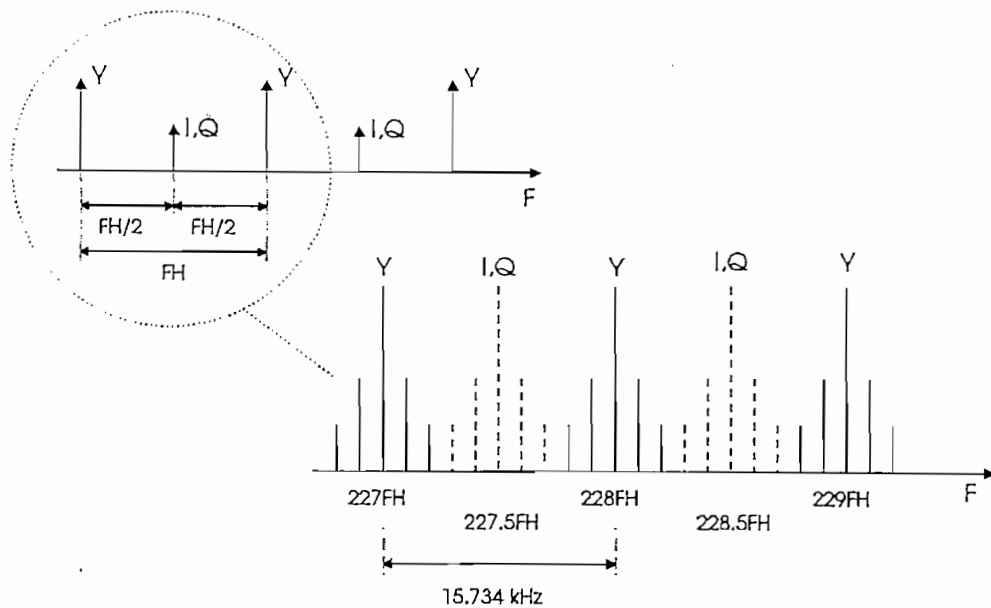


Fig. 1-11 Principio de intercalación de las frecuencias horizontales de luminancia y crominancia.

Además no debe modificarse la separación entre la portadora de sonido y video de 4.5 MHz, porque el sistema dejaría de ser compatible con la televisión monocromática; por tanto, se modifica ligeramente la frecuencia de línea. Considerando lo anterior se llega a escoger la armónica 286 de la frecuencia de línea de 15.75 KHz, entonces se tiene:

$$f_h = 4500000/286 = 15734.27 \text{ Hz} \quad \text{Ec. [1.7]}$$

$$f_v = 15734.27 \text{ Hz}/262.5 = 59.94 \text{ Hz} \quad \text{Ec. [1.8]}$$

Estos nuevos valores de la frecuencia horizontal ( $f_h$ ) y de campo ( $f_v$ ) es menor al 1% de tolerancia aceptable en receptores monocromáticos.

Con estos nuevos valores de frecuencias de barrido y tomando a la subportadora de color como la armónica 455<sup>ava</sup> de un medio de la tasa de barrido horizontal, se tendrá que la frecuencia de subportadora de color será:

$$F_{sc} = 455 (15734.27 \text{ Hz}/2) = 3579.55 \text{ KHz} \quad \text{Ec. [1.9]}$$

Para recuperar la información I y Q en el receptor se necesita generar la misma frecuencia de subportadora que es suprimida en la transmisión. Para que esta frecuencia generada en el receptor esté exactamente en fase y en frecuencia con el transmisor se envía una ráfaga de color (*burst*) que consiste de nueve ciclos a la frecuencia subportadora y con una fase específica durante el intervalo de borrado.

Al analizar una señal compuesta para barras de color y si se explora una de sus líneas horizontales en un monitor de forma de onda se puede ver una señal de video, con sus respectivas señales de sincronismo y burst como se muestra en la Fig. 1-12.

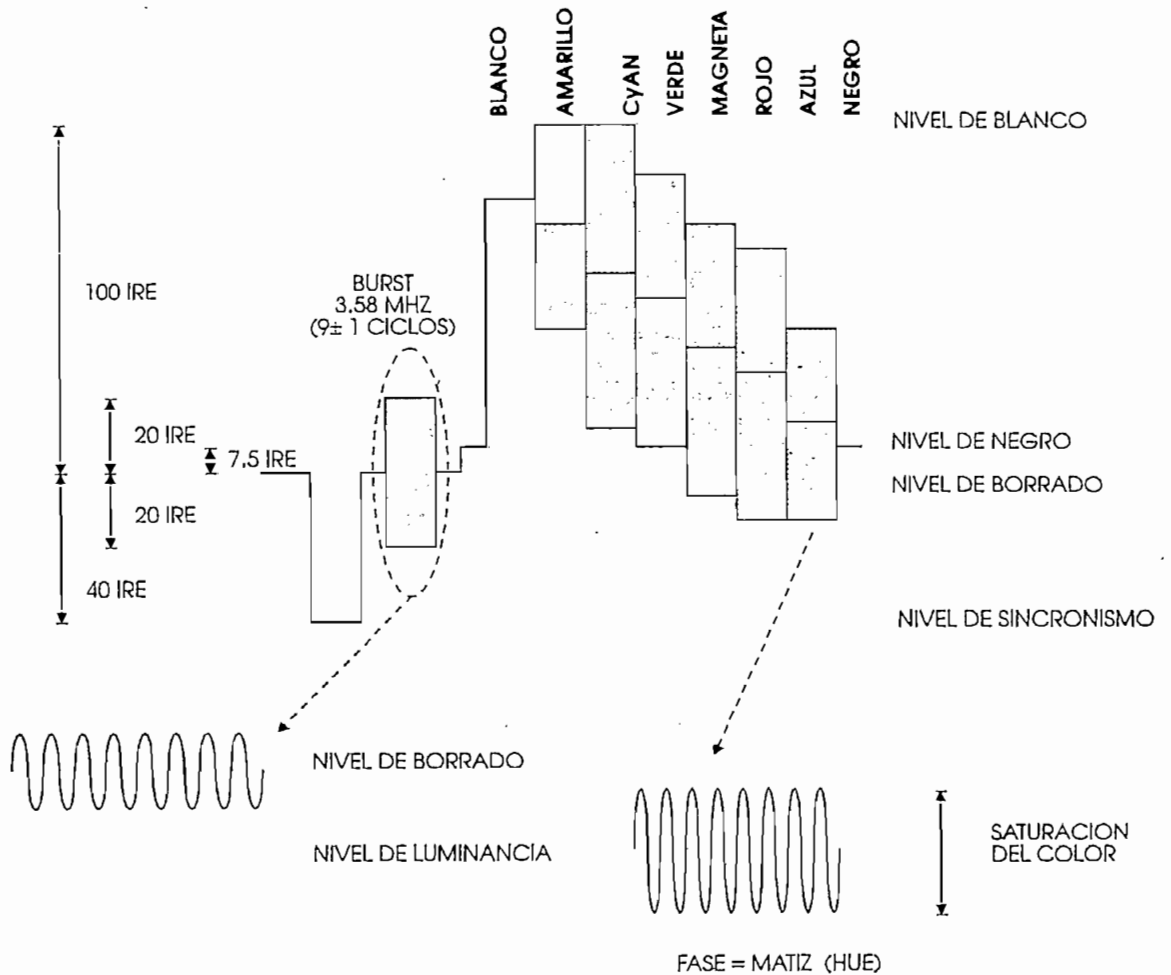


Fig. 1-12 Señal de video compuesta para barras de color.

La información de crominancia modulada es añadida a la de luminancia con apropiadas señales de sincronismo; por tanto, la señal compuesta NTSC ( $S_{NTSC}$ ) tendrá la siguiente expresión:

$$S_{NTSC} = Y + Q \text{ sen } (wt + 33^\circ) + I \text{ cos } (wt + 33^\circ) \quad \text{Ec. [1.10]}$$

En la Fig. 1-13 se muestra la exploración de un cuadro, con las señales de sincronismo y la fase respectiva del burst.

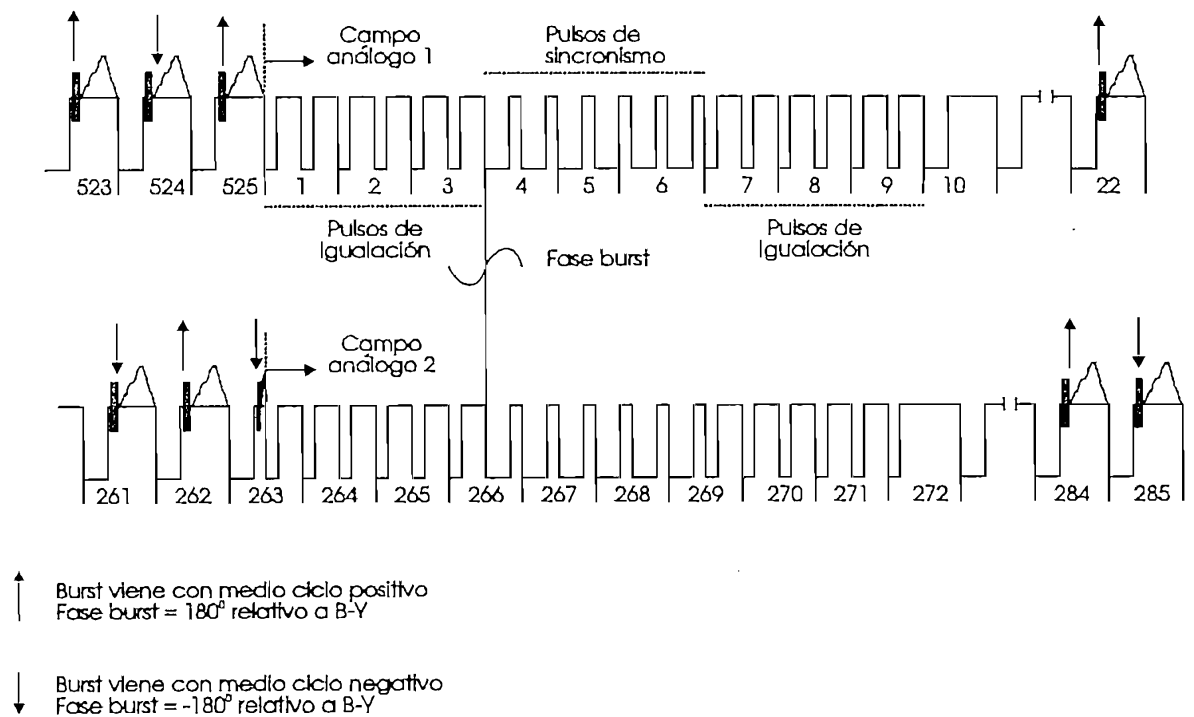


Fig. 1-13 Formato NTSC para exploración de un cuadro.

La Tabla 1.1 muestra las designaciones del CCIR para el sistema NTSC.

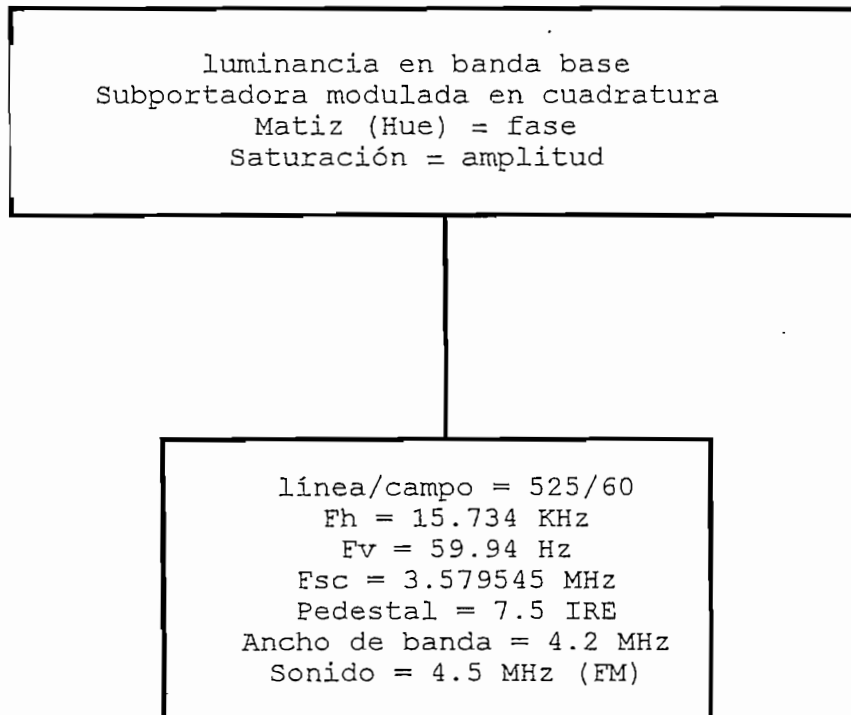


Tabla 1.1 Principales características del sistema NTSC.

### 1.3.2 Sistema PAL

Europa se atrasó en la adopción de un estándar de televisión a color, evaluando varios sistemas entre 1953 y 1967, que fueran compatibles con su sistema monocromático de 625 líneas, 50 campos por segundo, entrelazado 2:1. Las especificaciones de NTSC fueron modificadas para superar un inconveniente que presenta este sistema, que consiste en la distorsión del color; es decir, variaciones del matiz que pueda tener una imagen debido a problemas en la trayectoria de transmisión.

La señal de luminancia es la misma expresión que para NTSC, debido a que el principio para obtenerla es el mismo.

$$Y = 0.30R + 0.59G + 0.11B \quad \text{Ec. [1.11]}$$

La señal de crominancia está determinada como la resultante de dos vectores V y U, que se obtienen de la diferencia entre la señal de luminancia y las señales básicas RGB.

$$U = 0.492(B - Y) \quad \text{Ec. [1.12]}$$

$$V = 0.877(R - Y) \quad \text{Ec. [1.13]}$$

U y V tienen un ancho de banda típico de 1.3 MHz. A semejanza con el sistema NTSC, estas señales son usadas para modular la subportadora de color, usando dos moduladores balanceados operando en cuadratura de fase. Las salidas de los moduladores son sumadas para formar la señal de crominancia (C).

$$C = U \text{ sen } (wt) \pm V \text{ cos } (wt) \quad \text{Ec. [1.14]}$$

$$w = 2 \pi F_{sc}$$



En este sistema se invierte  $180^\circ$  una de las componentes de la señal de crominancia (V) de línea a línea en el transmisor. Con esto se consigue que el efecto de los errores en la fase del matiz ocurridos en la transmisión se pueda minimizar promediando el efecto sobre varias líneas. Si se observa un campo por ejemplo el impar se tendrá lo siguiente (Fig 1-14).

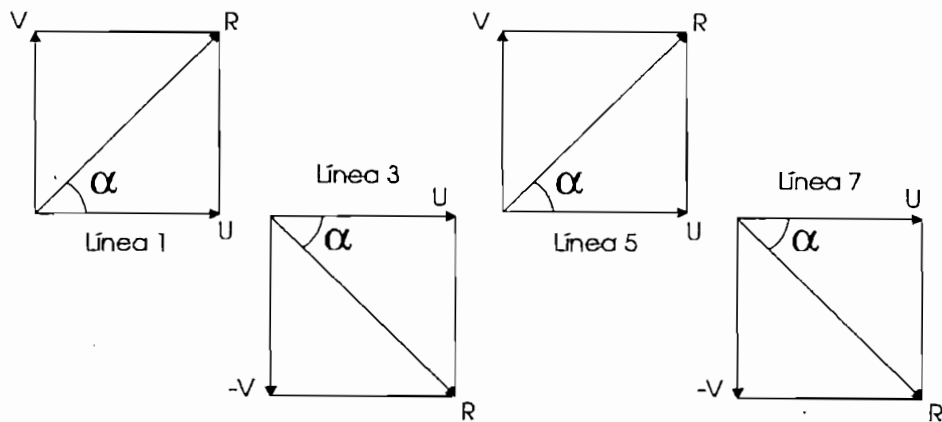


Fig. 1-14 Alternancia del vector V.

Al existir un error de fase en cualquier parte del sistema, por ejemplo de  $10^\circ$ , vectorialmente se representa como en la Fig. 1-15a, el efecto que se produce es el adelantarse el vector R esos  $10^\circ$ , manteniéndose la misma amplitud, con lo cual el nuevo ángulo será de  $\alpha + 10^\circ$ , y las componentes del vector cambian en magnitud; es decir, V aumenta en amplitud y U disminuye, esto ocurre en la línea 1. En la línea 3, al invertirse el vector V y mantenerse el mismo desfase (Fig. 1-15b), el vector U es el que aumenta de valor mientras que  $-V$  disminuye, y el ángulo será de  $\alpha - 10^\circ$ .

La corrección de fase se realiza en el receptor, mediante una línea de retardo, con la cual se retrasa la señal de crominancia mientras dura una línea; es decir, 64 useg., luego esta señal se aplica directamente a un circuito sumador y a un circuito sustractor, junto con la señal de crominancia que proviene de la línea de retardo.

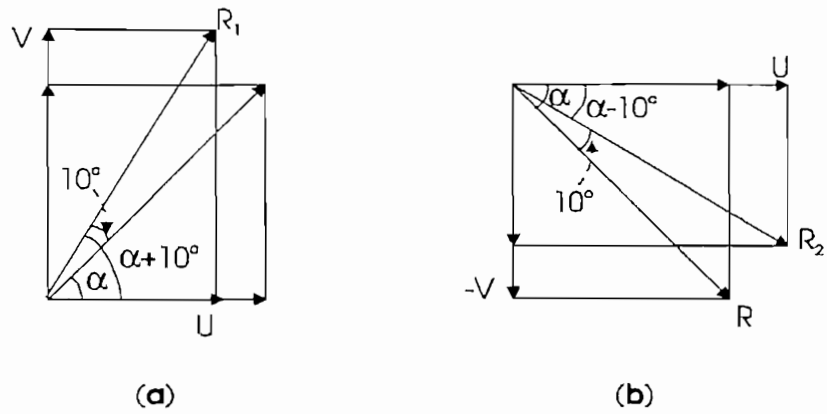


Fig. 1-15 Diagrama vectorial de las señales U y V con un error de fase de  $10^\circ$  para a) la línea 1 y b) la línea 3.

En la Fig. 1-16 se representa solamente los vectores resultantes U y V con sus nuevos ángulos, es decir  $(\alpha + 10^\circ)$  y  $(\alpha - 10^\circ)$ . Donde se comprueba que el vector resultante vuelve a formar un ángulo  $\alpha$ , como se tenía inicialmente, pero aumenta su amplitud, con lo que las componentes U y V también aumentan, variando la saturación, pero con la ventaja de que el ojo no es tan sensible a una variación de saturación como a una de matiz. En realidad, si se toma U y V con sus valores y se halla matemáticamente el nuevo valor de R, el error de desfase está comprendido entre 1 y un 1.5%, que el ojo no llega a notar.

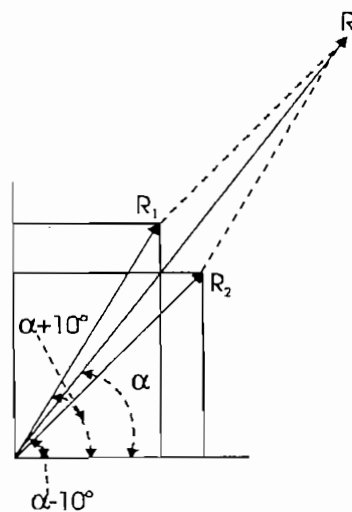


Fig. 1-16 Vector resultante con ángulo de fase  $\alpha$ .

En la Fig. 1-17 se observa el diagrama de bloques del receptor PAL para la señal de crominancia.

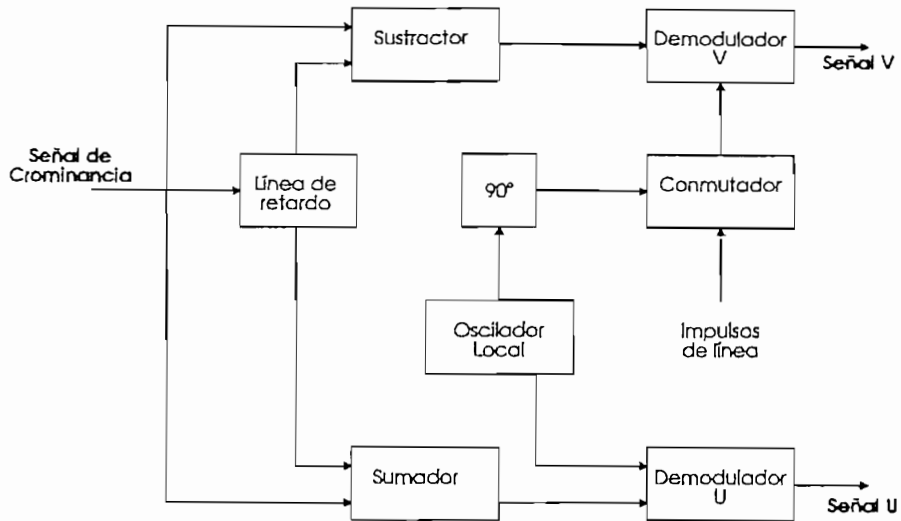


Fig. 1-17 Diagrama de bloques del receptor PAL.

El efecto que se produce en el sumador se representa vectorialmente en la Fig. 1-18, cuando la línea que llegue sea por ejemplo la 3, esta se aplicará directamente, pero también se aplicará la línea 1 que procede de la línea de retardo almacenada en ella durante el período de una línea, entonces se anula la componente V y se suma la componente U, continuando el proceso línea por línea.

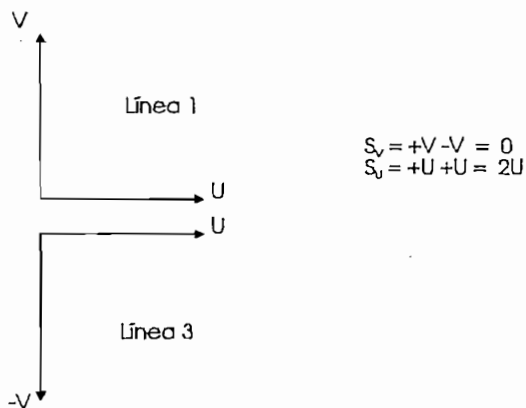


Fig. 1-18 Señales aplicadas al sumador.

En el canal V el proceso es idéntico, con la diferencia de que como la señal V alterna en fase, se utiliza un circuito inversor para poder anular la señal U y mantener la V, por tanto el circuito sustractor está formado por un circuito inversor y un sumador como se muestra en la Fig. 1-19.

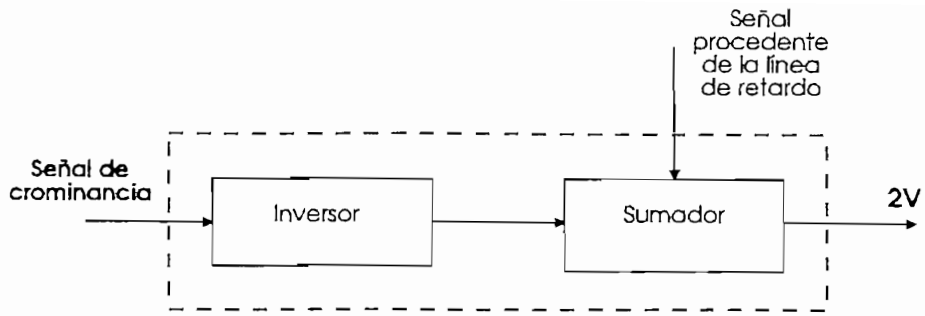


Fig. 1-19 Circuito sustractor.

Por ejemplo en el diagrama vectorial de la Fig. 1-20, se tiene directamente la línea 3 invertida y la línea 1 procedente de la línea de retardo que al ser sumadas se obtiene la señal  $V$  y se anula  $U$ .

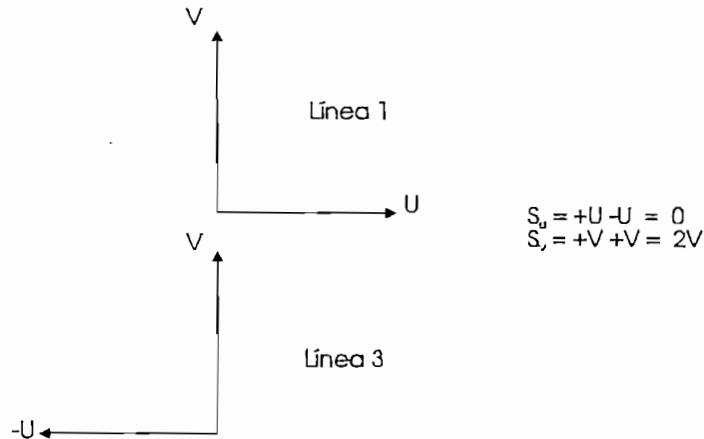


Fig. 1-20 Señales aplicadas al sustractor.

Las señales  $2U$  y  $2V$  pasan a continuación a su demodulador pero el canal  $V$  necesita un circuito conmutador inversor en el circuito de la subportadora de referencia, debido a que a la salida del sustractor se tiene a veces  $2V$ , y otras  $-2V$ .

El receptor PAL tiene un mecanismo con el cual la secuencia conmutada de la señal  $V$  es identificada, esta técnica es conocida como PAL SYNC ó "Swinging burst", que consiste en alternar la fase de la referencia del burst por  $\pm 45^\circ$  a razón de línea como muestra la Fig. 1-21.

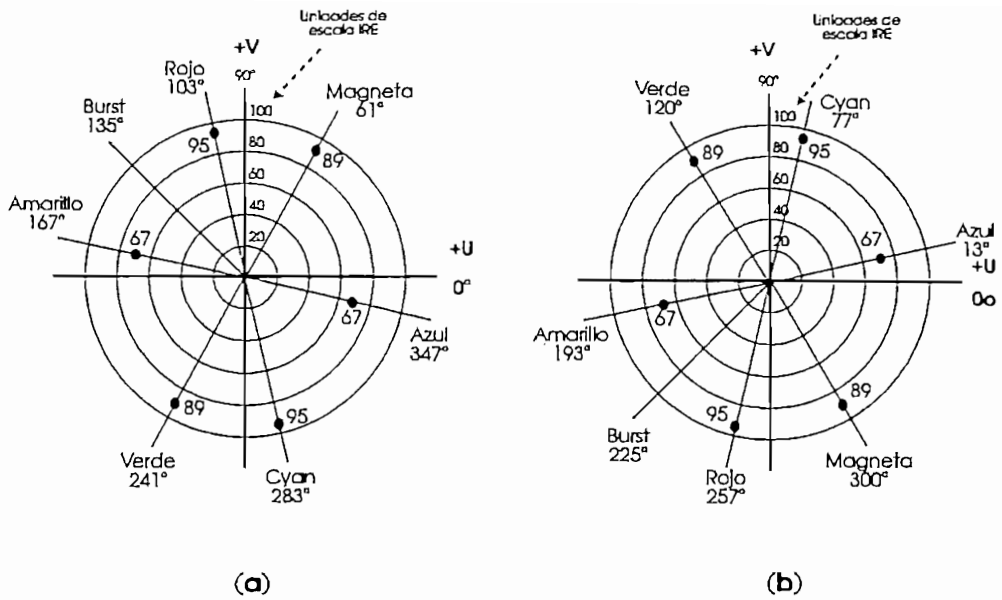


Fig. 1-21 a) Diagrama vectorial de U y V para barras de color, línea n y b) Diagrama vectorial de U y V para barras de color, línea n+1.

La señal PAL para barras de color, al explorar una de sus líneas y monitorear su forma de onda, se observa en la Fig. 1-22 la señal de sincronismo vertical, la señal de burst que se transmite en el pórtico posterior del impulso de sincronismo, los niveles de blanco, negro y de borrado.

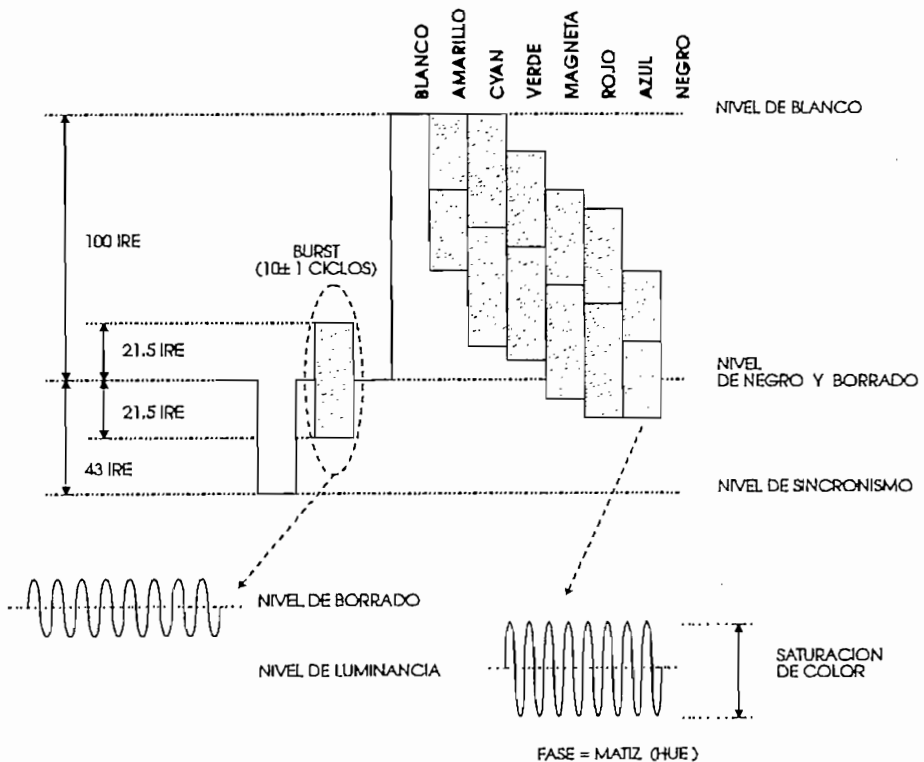


Fig. 1-22 Señal de video compuesta PAL (B,D,G,H,I,N) para barras de color.

En la Fig. 1-23 se muestra la exploración de un cuadro, con los impulsos ecualizadores y de sincronismo vertical, con una duración de 2.5 líneas. El borrado de campo se extiende a 24 líneas.

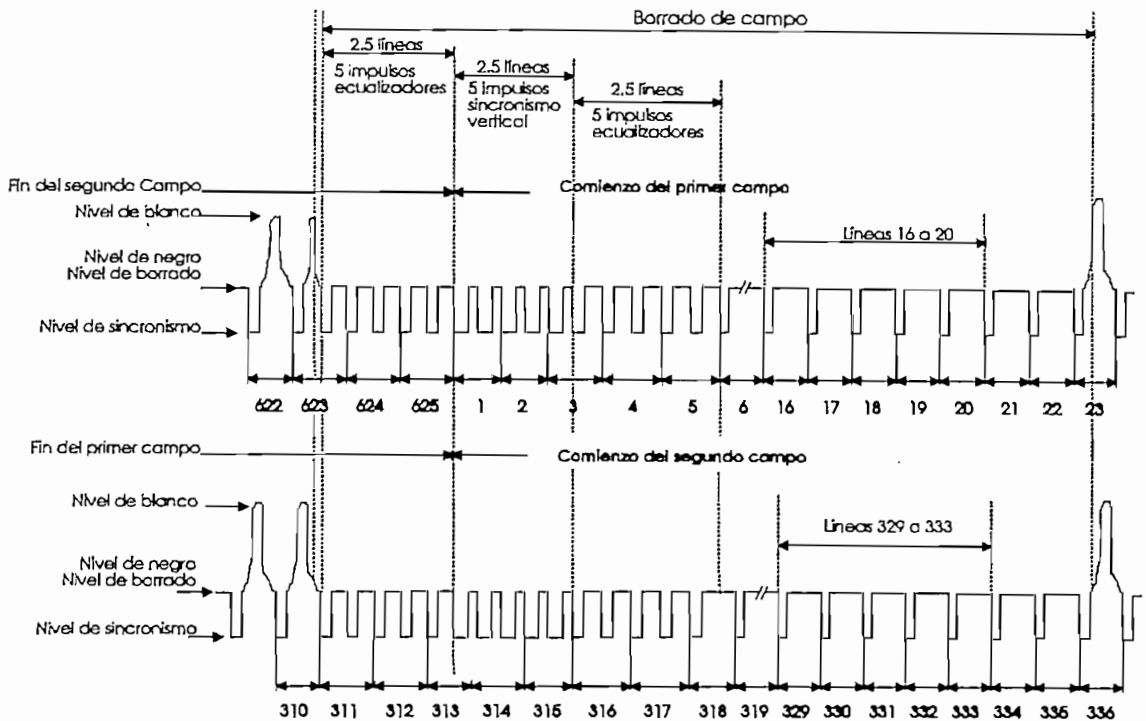
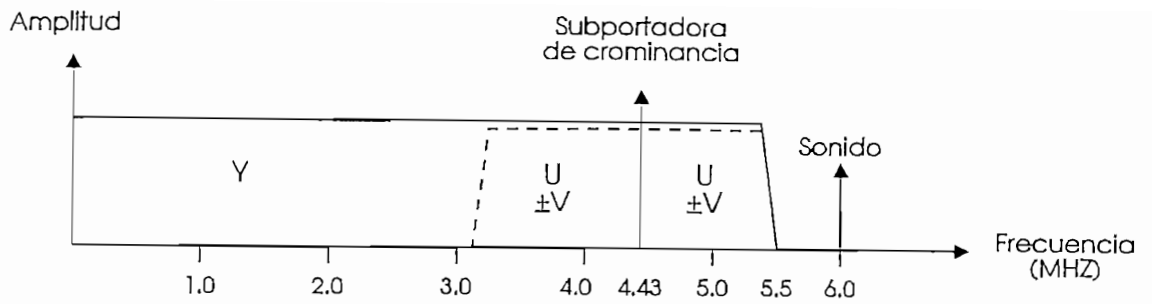
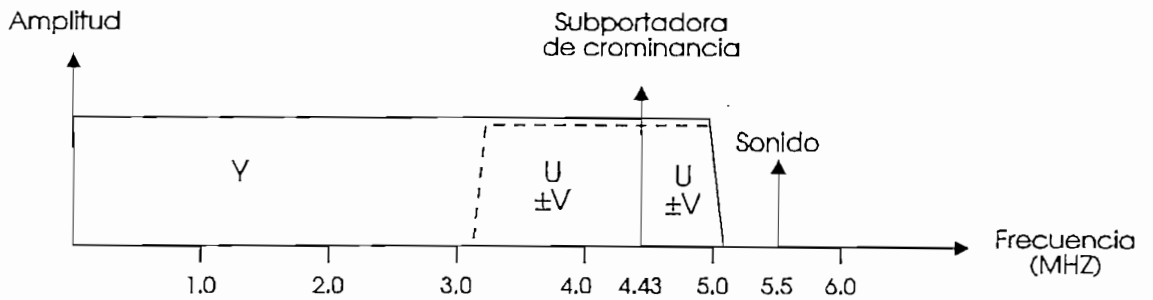


Fig. 1-23 Formato PAL para dos campos.

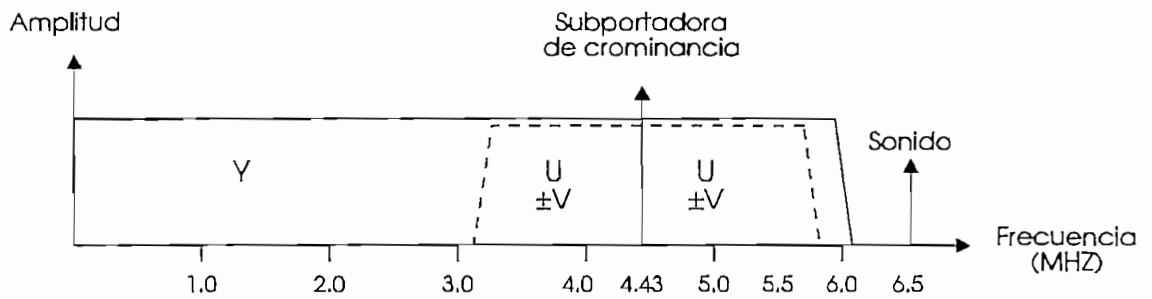
A diferencia de NTSC, PAL tiene diversas variaciones dependiendo del ancho de banda de video (4.2, 5.0, 5.5, ó 6.0 MHz) y de la ubicación de la portadora de audio. La señal de luminancia tanto en PAL como en NTSC ocupa todo el ancho de banda, como se muestra en la Fig. 1-24, y las señales de crominancia tienen un ancho de banda aproximado de 1.3 Mhz.



(I) PAL



(B, G, H) PAL



(D) PAL

Fig. 1-24 Anchos de banda del Sistema PAL a) I, b) B,G,H, y c) D.

En la Tabla 1.2 se encuentra las designaciones del CCIR para el sistema PAL en sus diferentes versiones.

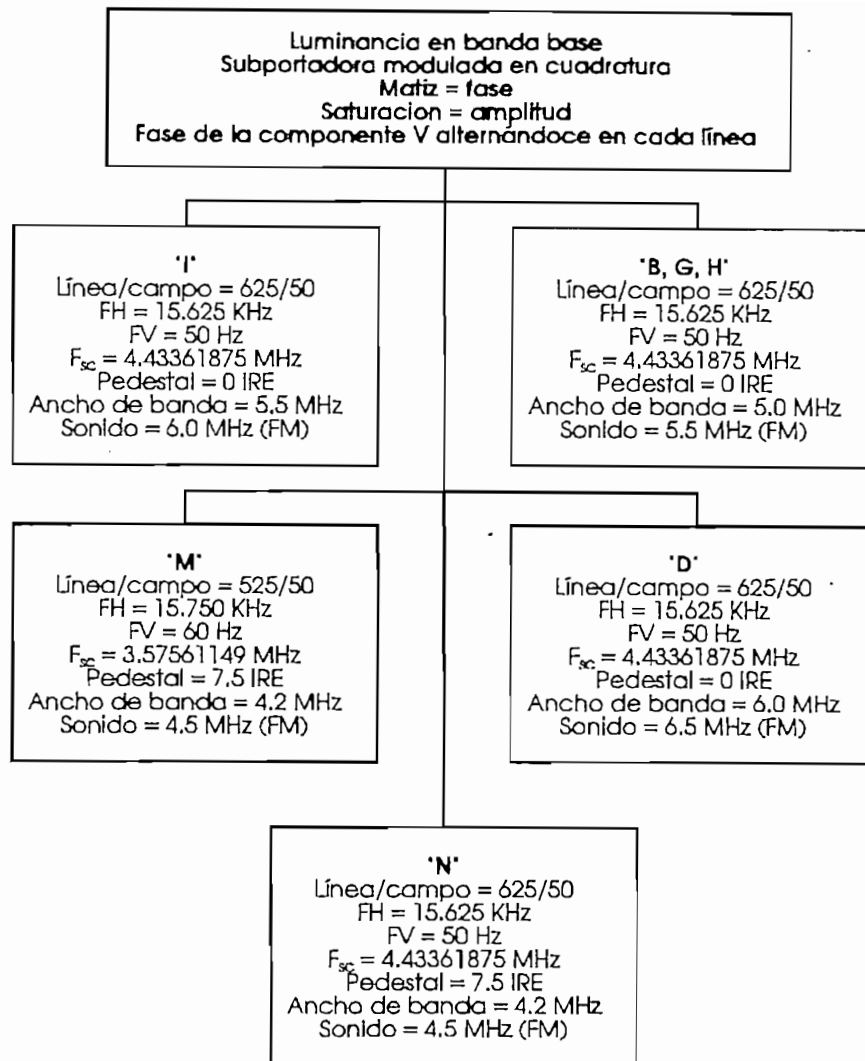


Tabla 1.2 Principales características del sistema PAL [1].

### 1.3.3 Sistema SECAM

Este sistema fué desarrollado en Francia y entró en funcionamiento a partir de 1967. El sistema SECAM, tiene las mismas bases técnicas que el NTSC, en cuanto a la obtención de las expresiones de luminancia (Y) y color (C), pero elimina el problema de sensibilidad de fase que en NTSC provoca errores de matiz, ya que, transmite una sola señal de crominancia de forma secuencial, modulándola en frecuencia.

La información de color que necesita ser añadida a la señal monocromática, es transmitida en líneas alternadas,



esto es, las señales diferencia de color (R-Y) y (B-Y) se envían por separado, es decir, la señal (R-Y) se transmite en la línea n descartándose la señal (B-Y), y en la siguiente línea (n+1) se transmite la señal (B-Y) mientras se descarta la señal (R-Y), evitando de esta manera la posibilidad de crosstalk entre las componentes de color. Sin embargo la información de luminancia es enviada en cada línea. Para transmitir información de color se utiliza modulación de frecuencia de la subportadora de color, lo cual hace al sistema SECAM inmune a distorsión de color (a diferencia de los sistemas NTSC y PAL debido a las variaciones de amplitud).

A igual que PAL, SECAM es un sistema entrelazado 2:1, 625 líneas, 50 campos por segundo. La señal de luminancia es:

$$Y = 0.3R + 0.59G + 0.11B \quad \text{Ec. [1.15]}$$

con (R-Y) y (B-Y) se generan las señales diferencia de color  $D_R$  y  $D_B$  en el codificador SECAM.

$$D_R = -1.902 (R - Y) \quad \text{Ec. [1.16]}$$

$$D_B = +1.505 (B - Y) \quad \text{Ec. [1.17]}$$

Estas señales pasan a través de filtros de preénfasis, con el fin de aumentar la amplitud de la señal de crominancia proporcionalmente a cómo aumenta su frecuencia, con la finalidad de mejorar la relación señal a ruido, Fig. 1-25. Luego  $D_R$  y  $D_B$  actúan sobre dos osciladores para producir modulación de frecuencia. La salida para la señal de crominancia es obtenida por medio de un conmutador, mediante el cual se selecciona cada señal. Este conmutador se encuentra gobernado por los impulsos de sincronismo de línea. Finalmente la señal actúa sobre un filtro "shaping", aumentando su amplitud en función de su desviación, es decir, mientras mayor sea la desviación de frecuencia mayor amplitud adopta la señal, consiguiendo una relación señal a

ruido mejor.

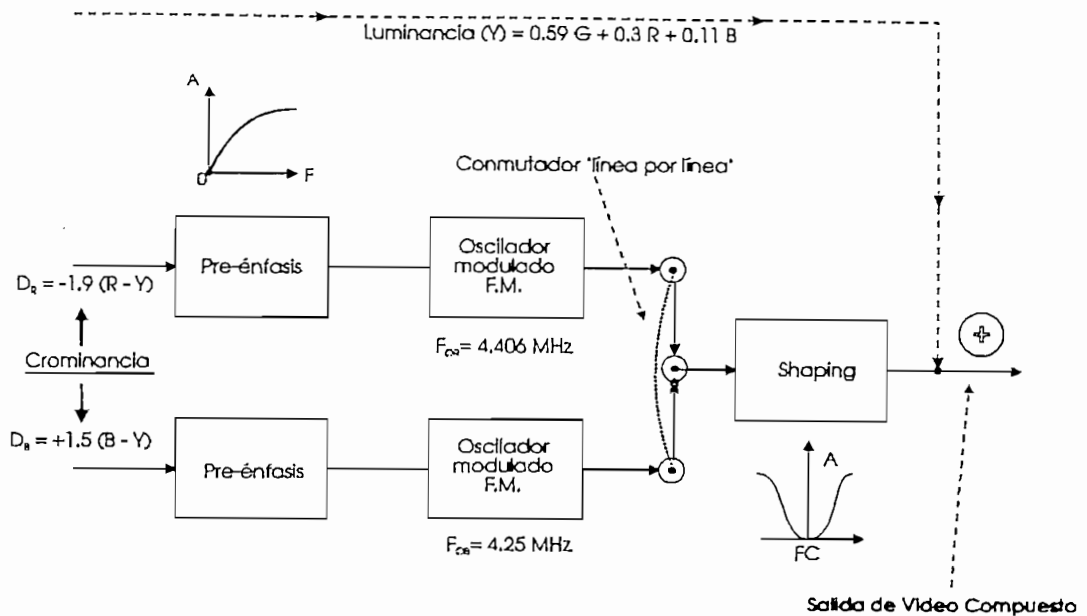


Fig. 1-25 Codificador SECAM.

Debido a que hay un número impar de líneas, una línea contiene información  $D_R$  en un campo y la información  $D_B$  en el siguiente campo. Las señales  $D_R$  y  $D_B$  son limitadas a 1.3 MHz y transmitidas usando modulación FM, teniendo para cada componente su propia subportadora. La frecuencia de cada subportadora se define como:

$$F_{OB} = 272 \text{ Fh} = 4,250000 \text{ MHz}, \quad F_{OB} = \pm 230 \text{ kHz}$$

$$F_{OR} = 282 \text{ Fh} = 4,406250 \text{ MHz}, \quad F_{OR} = \pm 280 \text{ kHz}$$

La Fig. 1-26 ilustra el proceso de modulación de frecuencia de las señales diferencia de color, la dirección de cambio de frecuencia con respecto a la polaridad de las señales diferencia de color es contraria para las señales  $D_R$  y  $D_B$ . Un valor positivo de  $D_R$ , quiere decir un decremento en frecuencia, mientras que un valor positivo de  $D_B$  indica un incremento en frecuencia.

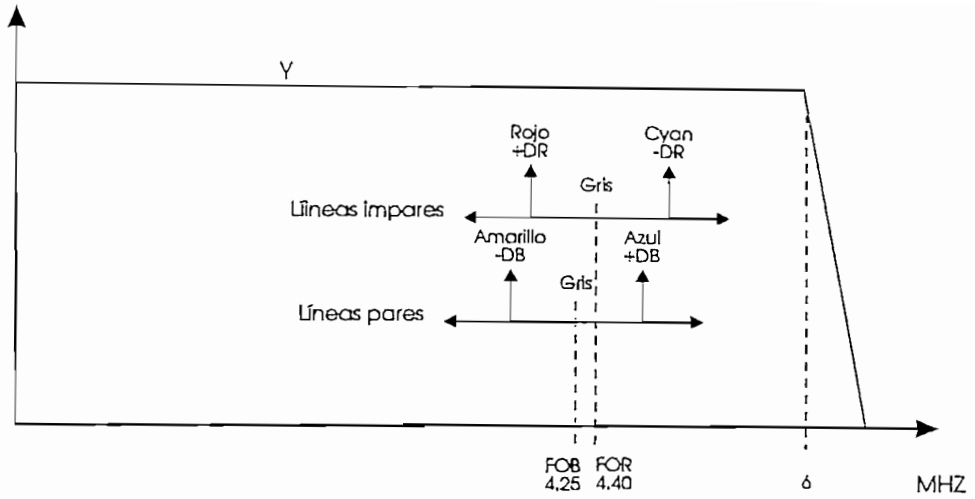


Fig. 1-26 Modulación de color FM para SECAM.

Los datos de la subportadora son añadidos a la señal de luminancia con apropiadas señales de sincronismo para generar el video compuesto, en la Fig. 1-27 se muestra la secuencia de cuatro campos con las respectivas señales de sincronismo.

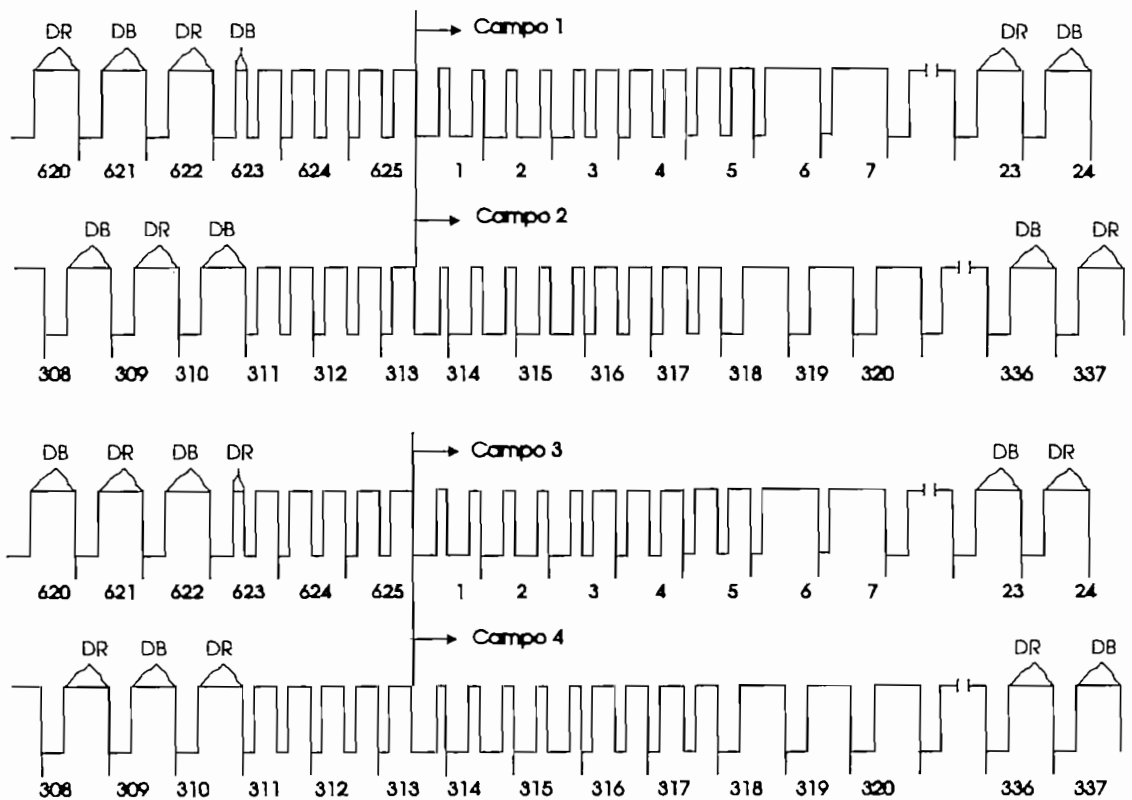


Fig. 1-27 Secuencia de cuatro campos para SECAM.

En el receptor la señal de luminancia es obtenida directamente de la señal de video compuesta Fig. 1-28. La señal de crominancia pasa a través de un filtro campana "bell" contrario al filtro "shaping", que devuelve la señal a su estado inicial. Esta señal se aplica a un conmutador electrónico que consta de dos contactos, que lleva la señal de crominancia directa a uno de los contactos, y al otro a través de una línea de retardo de 64 useg, entonces a la salida del conmutador se tiene las señales  $D_R$  y  $D_B$  separadas, las cuales entran a un limitador de amplitud, un circuito discriminador, (donde se demodula la señal) y finalmente a un circuito de-emphasis que compensa toda distorsión como resultado de la transmisión. Las señales de video (R-Y) y (B-Y) son restauradas y con su combinación lineal se obtiene (G-Y).

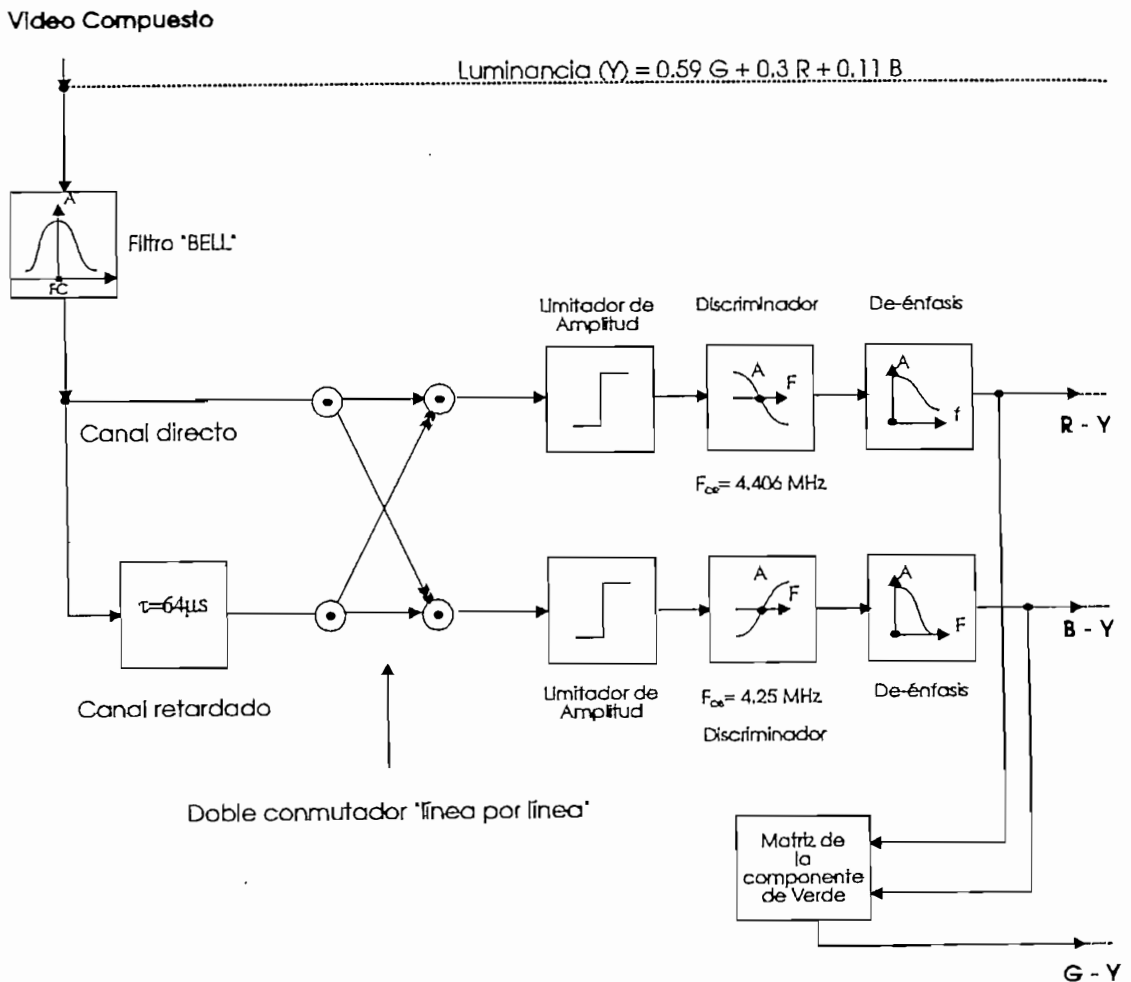


Fig. 1-28 Decodificador SECAM.

Este sistema requiere de señales de referencia de color para  $D_R$  y  $D_B$ , para esto se utiliza nueve líneas durante el intervalo de borrado vertical, después de los pulsos de ecualización y de sincronismo horizontal, como muestra la Fig. 1-29.

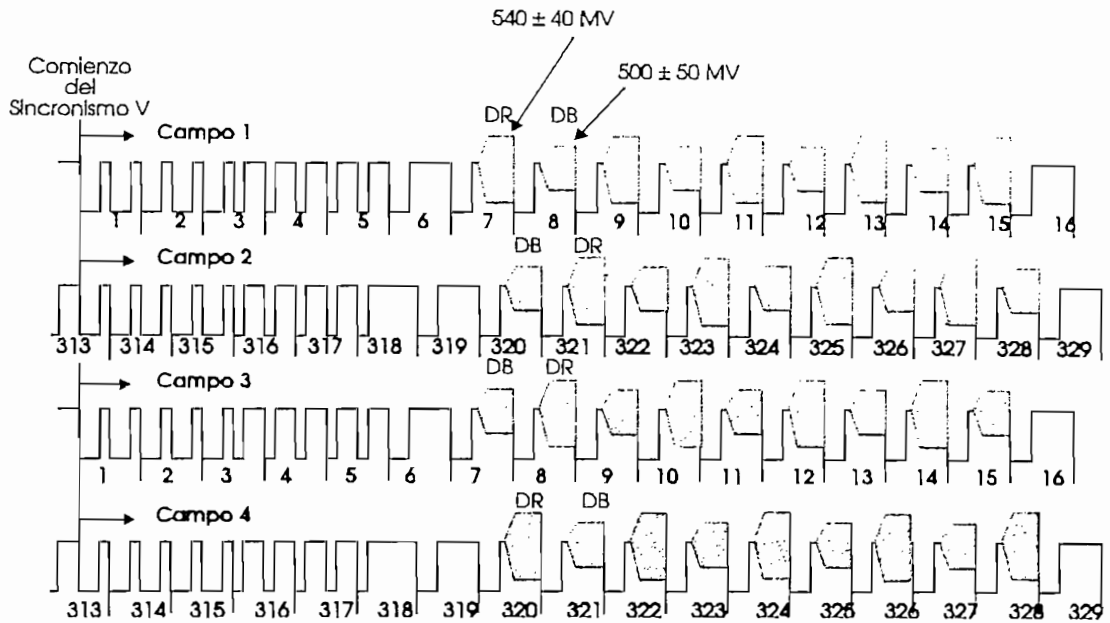


Fig. 1-29 Secuencia de cuatro campos para SECAM.

En la Tabla 1.3 se dá un resumen de las designaciones para el sistema SECAM, con referencia a los standares de monocromía para una razón de línea y campo (625/50), ancho de banda del canal de video (5,0 ó 6,0 MHz), y frecuencia relativa de la portadora de audio.

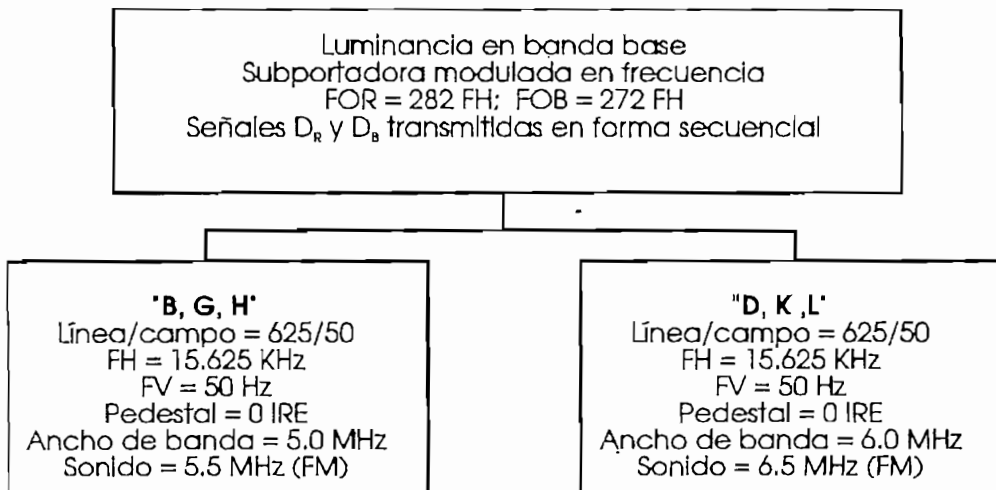


Tabla 1.3 Principales características del Sistema SECAM [1].

## 1.4 Aspectos Principales del Procesamiento Digital de Señales para video

Diversos programas de televisión tienen que ser transmitidos desde un estudio a una estación emisora; estas transmisiones pueden estar en formato analógico o digital, pero con extremadamente alta calidad de la señal de video. La transmisión en formato analógico inevitablemente degrada la calidad por el ruido inherente en canales de transmisión analógicos. En transmisión digital la calidad de la señal de video es más alta, por esta razón la tendencia actual es la de convertir la señal de televisión a un formato digital.

Digitalizando una señal de video compuesta con cuantización de 8 bits y una frecuencia de muestreo de 13.5 MHz para la señal de luminancia y 6.75 MHz para cada una de las señales de información de color se produce una razón de bits de 216 Mbps.

### 1.4.1 Selección de la frecuencia de muestreo

Se examinaron varias frecuencias de muestreo, incluyendo para cuatro veces la frecuencia de subportadora ( $F_{sc}$ ). Sin embargo con una frecuencia de muestreo  $4F_{sc}$  no se cumpliría con los requerimientos de simplificar el intercambio internacional de material de video entre los sistemas de 625 líneas PAL y SECAM, y se decidió a favor de una razón de muestreo común. Cuando las frecuencias entre 12 y 14 MHz fueron examinadas, se llegó a tomar una razón de muestreo de 13.5 MHz para Y; las señales diferencia de color son muestreadas a la mitad de frecuencia; es decir, a 6.75 MHz. La notación aceptada para un sistema de componente digital con frecuencia de muestreo de 13.5 MHz para la señal de luminancia y 6.75 MHz para cada una de las señales diferencia de color, es 4:2:2, por cada dos muestras de luminancia existe un valor de cada componente de color; este es el formato con el que opera la mayoría de equipo digital

para grabación de video. En la Fig. 1-30 se muestra un arreglo espacial dado por el muestreo 4:2:2.

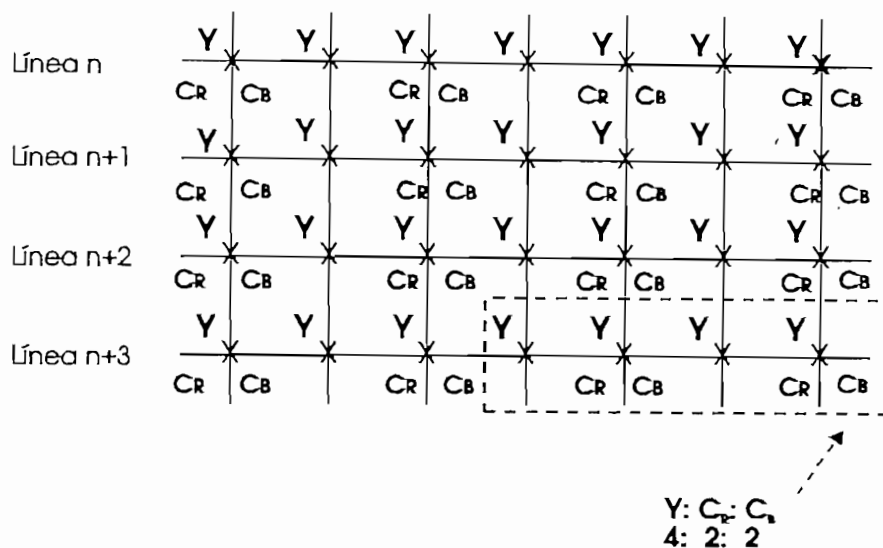


Fig. 1-30 Modo de muestreo 4:2:2.

Con muestreo de 13.5 MHz, cada línea explorada contiene 858 muestras (sistema de 525 líneas) u 864 muestras (sistema de 625 líneas), y consiste de un intervalo de borrado vertical seguido por un periodo de línea activa. Ambos sistemas tienen 720 muestras durante el periodo de línea activa, con 138 muestras (sistema de 525 líneas) o 144 muestras (sistema de 625 líneas) presentes durante el borrado vertical. Con una razón de muestreo de 6.75 MHz para las señales diferencia de color, se tiene 429 muestras por línea (sistema de 525 líneas) y 432 muestras por línea (sistema de 625 líneas), cada periodo de línea activa contiene 360 muestras de cada una de las señales diferencia de color. Con un número común de muestras por periodo de línea activa simplifica el diseño de equipo multiestándar y de conversión de estándares.

Cada muestra es de 8 bits por cada componente de Y (luminancia) y de C<sub>R</sub> y C<sub>B</sub> (señales diferencia de color desarrolladas para un estándar de video componente digital en todo el mundo), como se muestra en la Tabla 1.4.

PIXEL 0	PIXEL 1	PIXEL 2	PIXEL 3	PIXEL 4	PIXEL 5
Y7-0	Y7-1	Y7-2	Y7-3	Y7-4	Y7-5
Y6-0	Y6-1	Y6-2	Y6-3	Y6-4	Y6-5
Y5-0	Y5-1	Y5-2	Y5-3	Y5-4	Y5-5
Y4-0	Y4-1	Y4-2	Y4-3	Y4-4	Y4-5
Y3-0	Y3-1	Y3-2	Y3-3	Y3-4	Y3-5
Y2-0	Y2-1	Y2-2	Y2-3	Y2-4	Y2-5
Y1-0	Y1-1	Y1-2	Y1-3	Y1-4	Y1-5
Y0-0	Y0-1	Y0-2	Y0-3	Y0-4	Y0-5
CB7-0 CR7-0		CB7-2 CR7-2		CB7-4 CR7-4	
CB6-0 CR6-0		CB6-2 CR6-2		CB6-4 CR6-4	
CB5-0 CR5-0		CB5-2 CR5-2		CB5-4 CR5-4	
CB4-0 CR4-0		CB4-2 CR4-2		CB4-4 CR4-4	
CB3-0 CR3-0		CB3-2 CR3-2		CB3-4 CR3-4	
CB2-0 CR2-0		CB2-2 CR2-2		CB2-4 CR2-4	
CB1-0 CR1-0		CB1-2 CR1-2		CB1-4 CR1-4	
CB0-0 CR0-0		CB0-2 CR0-2		CB0-4 CR0-4	

Tabla 1.4 Formato 4:2:2 para cada pixel.

Los niveles de codificación con 8 bits corresponden a un rango de 256 niveles (0 a 255 en decimal ó 00H a FFH). Los niveles 0 y 255 son reservados para información de sincronismo, dejando los niveles 1-254 para valores de la señal. De este modo, los niveles de luminancia nominal son 16 a 235, mientras los niveles nominales de las señales diferencia de color son 16 a 240 (con el nivel de cuantización 128 equivalente a cero).

### 1.4.2 Codificador 4:2:2 (Y:C<sub>R</sub>:C<sub>B</sub>)

El video RGB análogo es convertido a YUV análogo usando las Ec. [1.18-20] y digitalizado a la razón de muestreo 4:2:2, como se muestra en la fig. 1-31.

$$Y = 0.3R + 0.59G + 0.11B \quad \text{Ec. [1.18]}$$

$$U = -0.17R - 0.33G + 0.5B \quad \text{Ec. [1.19]}$$

$$V = 0.5R - 0.42G - 0.081B \quad \text{Ec. [1.20]}$$



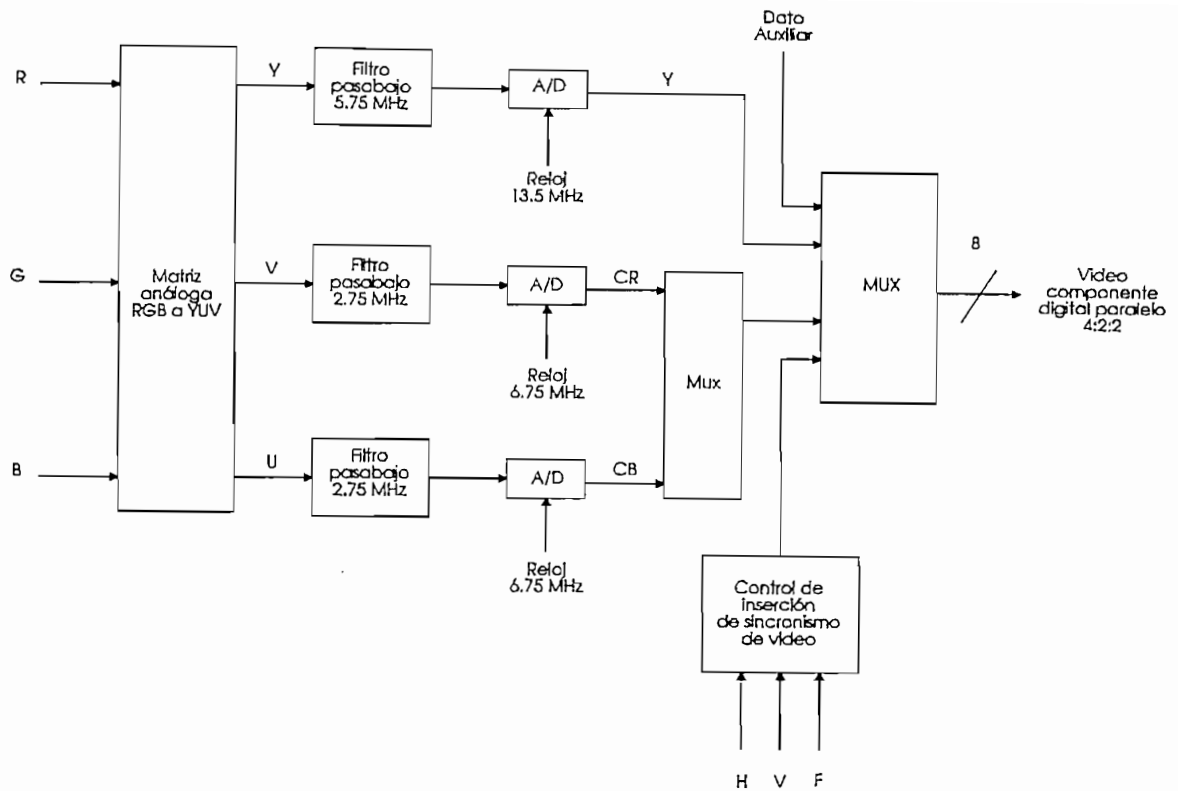


Fig. 1-31 Codificador 4:2:2.

Las señales YUV son aplicadas a un filtro pasa bajos, para posteriormente ser digitalizadas. El convertidor A/D está configurado para generar un rango de salida de 16 a 235 niveles de cuantización para la señal de luminancia y un rango de salida de 16 a 240 para  $C_R$  y  $C_B$ . Como las señales diferencia de color análogas son bipolares (tienen un rango nominal de 0 a  $\pm 0.5$ ), el convertidor A/D para las señales diferencia de color es configurado para generar un valor de salida de 128 cuando es una entrada 0.

El muestreo digital requiere que el ancho de banda de la señal 'Y' análoga sea definida por un filtro pasabajos de premuestreo, para evitar el "aliasing", generalmente desde componentes de bajo nivel (ruido) sobre la banda de video nominal. El filtro pasabajos para las señales diferencia de color define únicamente su ancho de banda.

Para la transmisión de las señales de sincronismo se inserta una secuencia especial de cuatro palabras dentro del video digital para indicar el comienzo de video activo

(Start of Active Video SAV) y el fin del video activo (End of Active Video EAV). Estas secuencias EAV y SAV indican cuando el borrado horizontal y vertical están presentes y cual campo está siendo transmitido. El receptor decodifica las secuencias EAV y SAV para recuperar las señales de sincronismo de video.

Las secuencias de sincronismo de video en el codificador son controlados por tres señales H (borrado horizontal), V (borrado vertical) y F (campo par ó impar). Una transición lógica de cero a uno de la señal de control H dispara la secuencia EAV, mientras que una transición lógica de uno a cero dispara la secuencia SAV. Los valores típicos de H, V y F sobre líneas diferentes está mostrado en la Fig. 1-32 y 1-33.

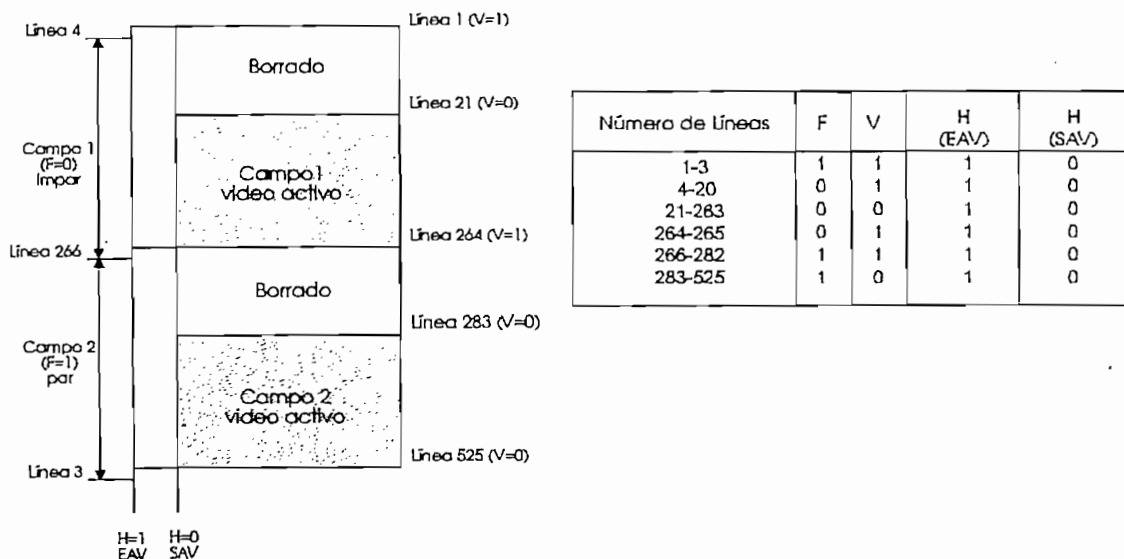


Fig. 1-32 Sincronismo vertical digital para el sistema de 525 líneas.

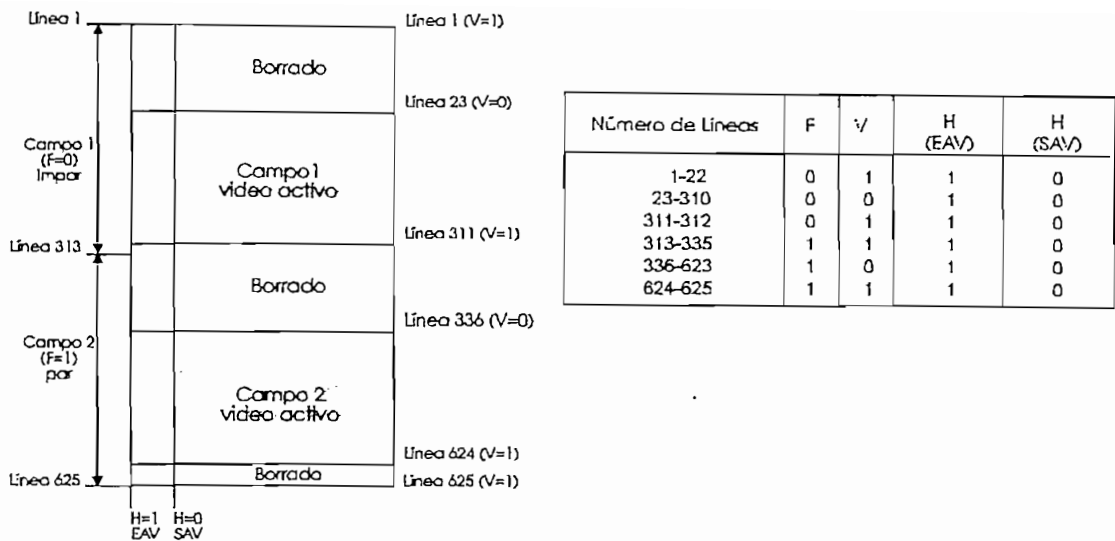


Fig. 1-33 Sincronismo vertical digital para el sistema de 625 líneas.

### 1.4.3 Decodificador 4:2:2 (Y:C<sub>R</sub>:C<sub>B</sub>)

Un decodificador digital se representa en la Fig. 1-34. Del flujo de datos 4:2:2 de entrada se recupera las señales de sincronismo de video (H, V y F) de las secuencias EAV y SAV. El decodificador se diseña de tal forma que ignore las palabras código 0 y 255.

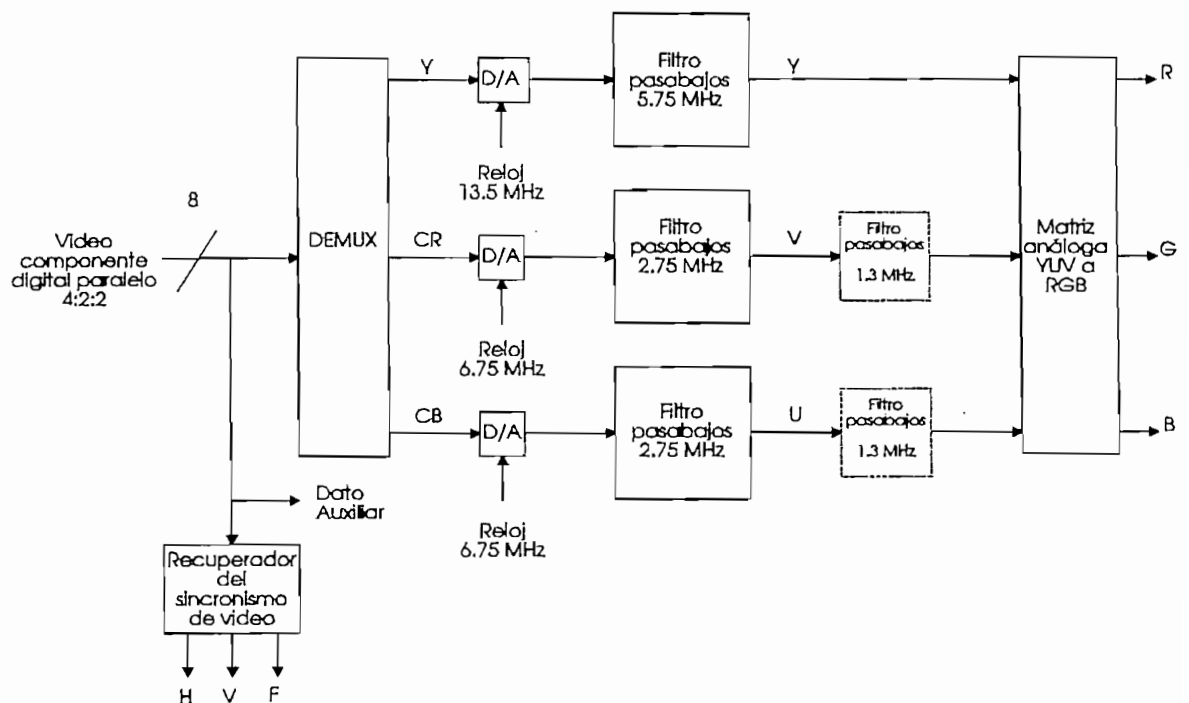


Fig. 1-34 Decodificador 4:2:2.

Los datos son demultiplexados en sus tres componentes Y, C<sub>R</sub> y C<sub>B</sub>, para luego ser aplicados a un convertidor D/A para generar los datos YUV análogos. Las componentes a la salida de los convertidores D/A son filtrados y los datos YUV análogos son convertidos a las señales RGB análogas usando las siguientes ecuaciones:

$$R = Y + 1.402V \quad \text{Ec. [1.21]}$$

$$G = Y - 0.714V - 0.344U \quad \text{Ec. [1.22]}$$

$$B = Y + 1.772U \quad \text{Ec. [1.23]}$$

Los filtros pasabajos análogos para las señales YUV eliminan el espectro repetido producido por el proceso de muestreo.

Los datos auxiliares habilitan la transmisión de varios datos de control (tales como audio digital, número de líneas exploradas, chequeo de error, numeración de campo, etc.) durante el intervalo de borrado.

# CAPITULO 2

## HDTV

Con el desarrollo de nuevas tecnologías en transmisión para radiodifusión y la necesidad de mejorar la calidad del video de los actuales sistemas de televisión; el enfoque hacia el futuro es conseguir el mejoramiento sustancial de la resolución de video. A estos sistemas con calidad superior de video se los ha denominado Sistemas de Televisión de Alta Definición (*High Definition Television HDTV*).

Cuando se habla de estos sistemas se piensa exclusivamente en un sistema de televisión con alta calidad resolutive de imagen y pantalla más ancha, lo cual produce excelente calidad y adecuados efectos psicológicos en las escenas presentadas para información o entretenimiento, como son: una mayor sensación de realidad y perfección de las imágenes en relación a lo que un sistema convencional ofrece.

En el mundo existen tres organizaciones (EE.UU, Japón y Europa) que están investigando el sistema de televisión de alta definición, con el propósito de conseguir que su sistema llegue a estandarizarse.

EE.UU. no tiene un sistema HDTV definido, por tal razón el Centro de Pruebas de Televisión Avanzada (*Advanced Television Test Center ATTC*) en Virginia, es la institución encargada de realizar los test a los diferentes sistemas de televisión de alta definición que están en constante competición. La FCC (*Federal Communications Commissions*) en base a los informes que presente el Centro de Pruebas emitirá un estándar, con el cual

se desea que el sistema seleccionado funcione por muchos años en conjunto con los sistemas existentes, sin causar interferencia y, además que cumpla con el ancho de banda estándar dado para los canales de televisión convencionales, lo cual no cumplen los sistemas Europeo ni Japonés.

Sin embargo, la alta calidad que presentan estos sistemas requiere de un mayor ancho de banda de video, debido a lo cual, es necesario utilizar adecuados métodos de compresión de video.

Además con estos sistemas de televisión de alta definición, se logra en gran parte la eliminación de imágenes fantasmas, causadas por reflexiones sobre superficies conductoras de la imagen de televisión transmitida; optimizando de esta manera, aún más este nuevo sistema de televisión.

## **2.1 Características Generales**

Se plantea nuevas generalidades para el sistema HDTV como son las siguientes:

- La resolución espacial definida, tanto por el número de puntos horizontales como verticales que se pueden distinguir en la pantalla (pixels), aproximadamente es el doble que en la televisión convencional.
- Presenta una mejora en la reproducción de color evitando las interferencias existentes entre las señales de luminancia y crominancia.
- Cambio de la resolución temporal; es decir, paso de exploración entrelazada a progresiva en algunos sistemas, que mejora las imágenes en movimiento, así como el parpadeo existente por la ausencia de información.
- Aumento del formato de la pantalla hacia medidas más anchas, con el consecuente aumento del contenido de la imagen.

- Calidad alta del sonido semejante a la del *compact-disc*, con sonido digital cuadrofónico.

Los requerimientos de pantalla más ancha (relación de aspecto mayor), distancia de observación y ángulo visual, número de líneas exploradas ( $n$ ), número de imágenes por segundo, y ancho de banda de la señal ( $fb$ ), fueron determinados en varias pruebas de evaluación de calidad de imagen, usando un sistema de televisión de alta resolución. Estas pruebas confirmaron que el sistema de televisión con 1000 o más líneas exploradas, con un ancho de banda de la señal de luminancia más grande y con relación de aspecto mayor es completamente válida para una distancia de visión menor.

### **2.1.1 Relación de aspecto**

La relación de aspecto viene dada como el cociente entre la longitud horizontal y vertical de la pantalla. Este parámetro es importante, no sólo por el formato físico de la pantalla sino también por su influencia en el ancho de banda del sistema; y porque además, estudios psicológicos demuestran que la adopción de un formato más ancho, provoca un mayor grado de participación del espectador en la escena, debido a que no capta toda la pantalla y escoge solamente la parte de la imagen que desea observar.

La sensación de realidad inducida por un despliegue visual de pantalla ancha fué estudiada en detalle a través de varios experimentos. Una prueba de evaluación que relaciona la medida de la imagen y la relación de aspecto ha sido realizada proyectando transparencias largas de color sobre una pantalla. Los resultados de las pruebas llevaron a las siguientes conclusiones:

- En general, una relación de aspecto de 16/9 da mejores resultados que la relación actualmente utilizada de 4/3 para sistemas de televisión comunes. La pantalla de cine da una poderosa sensación de realidad con cuadros finos y detallados

sobre un pantalla larga (16/9), efecto que disminuye en una pantalla de televisión pequeña.

En la elección del formato específico de 16/9 se ha tenido en cuenta consideraciones de ancho de banda y compatibilidad con formatos existentes en cinematografía, además 16/9 tiene una relación cuadrática con el formato actual de 4/3.

## 2.1.2 Distancia de observación y ángulo visual

Para la obtención de la distancia de observación y ángulo visual adecuados para el sistema HDTV, recurrieron a un sinnúmero de pruebas sobre un sistema de televisión de alta resolución para un número variable de líneas exploradas y a diferentes distancias entre el televidente y el receptor de televisión ( $dH$ ) donde  $H$  representa el alto de la pantalla. En la Tabla 2.1 se observa la relación entre número de líneas exploradas requeridas y ancho de banda de la señal, en función de la distancia de observación del televidente [2].

Considerando los valores de la Tabla 2.1 se demuestra que en el cálculo de la distancia de observación influye de forma determinante el parámetro de resolución vertical, de esta manera se obtiene:

- Un sistema de video con una distancia de observación de  $4H$  es recomendada para cines, animación, y para programas de deporte con movimientos rápidos, por la existencia de un factor adicional de mareo.
- Imágenes con pocos y lentos movimientos pueden ser observadas desde una distancia más cercana, incrementando el efecto psicológico de realidad, y el sistema será tal que las imágenes podrán ser observadas satisfactoriamente, desde una distancia de solamente  $3H$ .



Distancia del televidente (dH)	7,2H	4H	3H	2,5H	2H
n (líneas)	525	940	1240	1480	1840
fb (MHz)	4.3	11	19	27.5	42
Angulo visual (°)	10.7	23.5	31.0	36.9	45.2

Tabla 2.1 Número de líneas exploradas requeridas y ancho de banda de la señal (fb) en función de la distancia de observación del televidente.

A la distancia de 3H, se puede tener un ángulo de visión de 30°. Adicionalmente debido a la limitada resolución del ojo humano, las líneas se mezclan y dan la impresión de una imagen uniforme. La Fig. 2.1 compara las geometrias estipuladas para televidentes con pantallas de televisión convencional y de alta definición, a las distancias a las cuales las líneas exploradas son invisibles. En un sistema convencional, el ángulo de visión es de alrededor de los 10°, pero en el sistema de alta definición suministra un ángulo de visión de 30° [3].

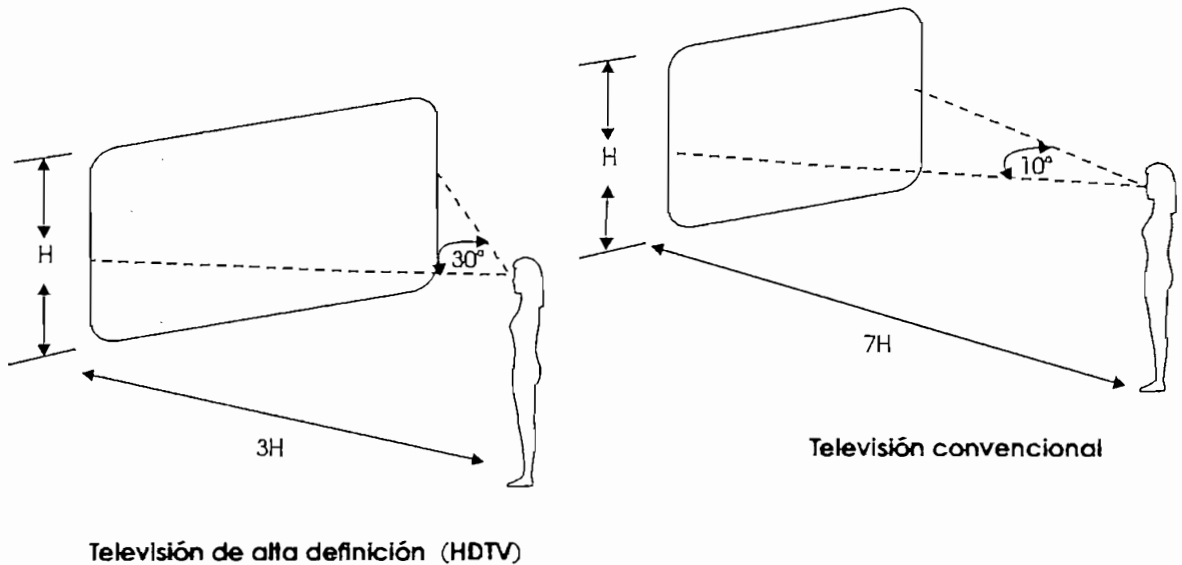


Fig 2-1 Geometrias para pantallas de televisión convencionales y de alta definición.

De estos experimentos se concluyó que el despliegue visual con más de 1000 líneas y ángulos de visión de  $30^\circ$  a  $40^\circ$  llegan a producir efectos psicológicos que dan mayor sensación de realidad. Por esta razón, la técnica más efectiva de producción

de efectos psicológicos, tales como proximidad e impacto, se logra ensanchando la pantalla a una relación de aspecto de 16/9, que ha sido adoptada por todos los sistemas de HDTV en estudio.

### 2.1.3 Consideraciones de color

El uso de los sistemas actuales en video compuesto con la señal de crominancia compartiendo el espectro de la luminancia, presenta como principales inconvenientes las distorsiones mutuas entre luminancia y crominancia, así como una reducción del ancho de banda para las componentes de color; estos dos efectos se eliminan al utilizar formato de video en componentes, ya que la información se transmite por tres canales independientes.

Por lo tanto HDTV pretende la utilización de video en componentes, pero la transmisión de cada una de las señales no se efectuará por tres canales independientes, sino con multiplexación en el tiempo de las componentes.

Otro aspecto importante es el conjunto de colores que pueden ser susceptibles de captación en los sistemas de televisión. Dentro del diagrama de cromaticidad, el sistema HDTV pretenderá abarcar un conjunto de colores mayor que en los sistemas convencionales, que se escogerá en función de las experiencias subjetivas. En la Fig. 2-2 se aprecian los triángulos de color de los sistemas convencionales y HDTV en los diagramas de cromaticidad.

Estos triángulos contienen el conjunto de colores susceptibles de ser captados por un sistema. La curva exterior en forma de herradura representa el conjunto de colores que puede percibir el ojo humano, los triángulos representan los colores en sistemas convencionales NTSC y PAL. En este diagrama cada color está definido por dos coordenadas: X daría el porcentaje de rojo y Y que muestra el

porcentaje de verde; el porcentaje de azul se obtiene restando del 100% el valor de rojo y verde.

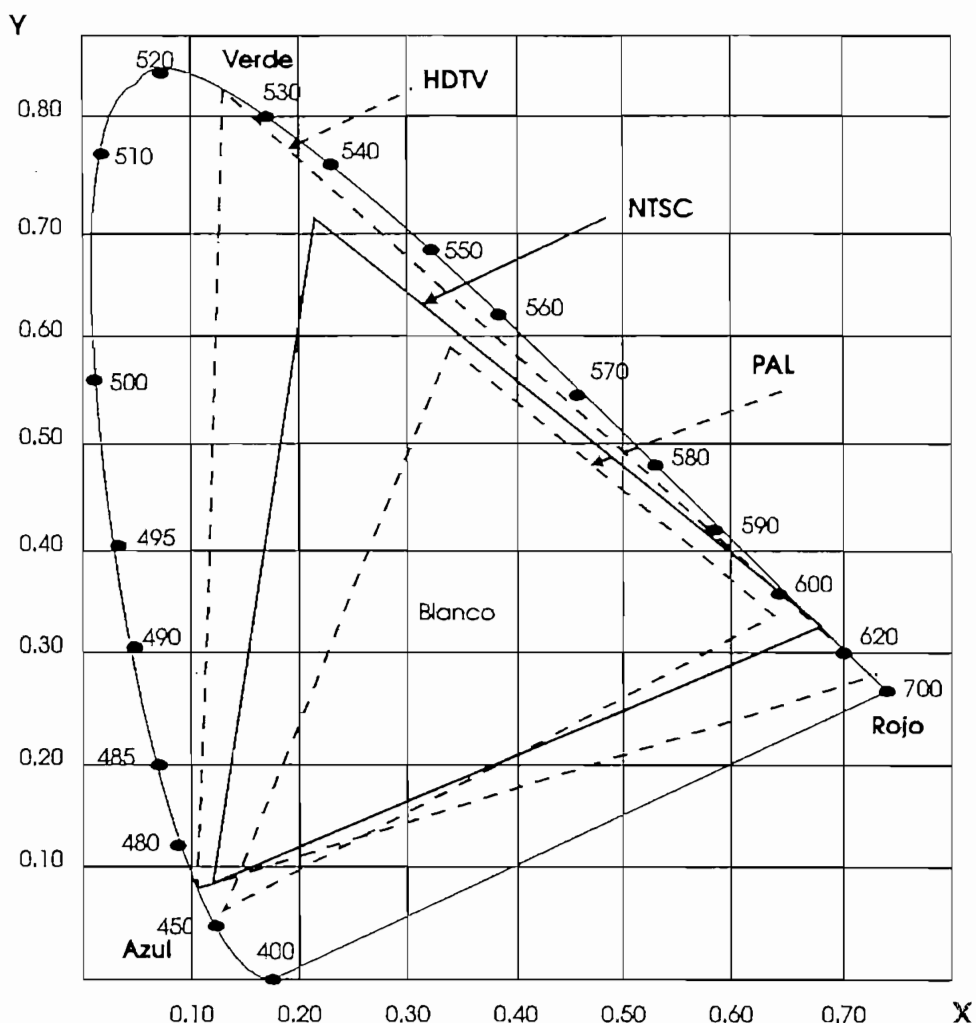


Fig 2-2 Triángulos de color de los sistemas convencionales y HDTV en los diagramas de cromaticidad [4].

## 2.1.4 Frecuencia de imagen

Este es el factor más conflictivo entre los sistemas propuestos, debido a la preferencia de 50, 59.94 ó 60 campos por segundo según los sistemas europeo, americano y japonés respectivamente; entonces, para la frecuencia de imagen de cada sistema HTDV se consideran los mismos valores que en el sistema convencional, la razón de esta elección viene impuesta por la necesidad de compatibilidad con los sistemas

NTSC, PAL y SECAM.

Otro factor importante a considerar es el método de exploración entrelazada ó progresiva. El problema en televisión es que el ancho de banda aumenta cuanto mayor es el número de imágenes presentadas en un segundo.

Con la exploración entrelazada surgen problemas especialmente con objetos que tienen movimientos rápidos, pues aparecen con un emborronamiento en los bordes, esto se debe a que las líneas del segundo campo se han explorado poco tiempo después de las del primero, y la posición de la imagen del segundo campo es ligeramente distinta respecto del primero.

El CCIR menciona la buena calidad en los detalles de imágenes que se obtienen con exploración progresiva, además considera que el problema causado por las líneas de exploración con entrelazado 2:1 es aproximadamente la misma que produce la exploración secuencial con un 40% menos de líneas, aunque de esta manera se requiere un 20% más ancho de banda para la exploración progresiva [4].

En cualquier caso, la limitación del ancho de banda de la señal es un factor crítico y la evolución de exploración entrelazada a barrido progresivo será una realidad a medida que las limitaciones tecnológicas se hagan menos severas.

### **2.1.5 Sonido en HDTV**

Otro elemento importante a considerar dentro del sistema HDTV es el sonido. La imagen y el sonido deben complementarse para obtener una producción de alta calidad; el sistema monoaural y el estéreo no dan la calidad suficiente para producir en el espectador una impresión óptima que

complemente a la imagen.

Por las investigaciones realizadas se deduce que cuando coexisten imagen con pantalla ancha y sonido, es muy importante la posición del espectador respecto a las fuentes de sonido.

El área de visión/audición se aumenta aceptablemente incrementando el número de altavoces frontales y sus canales asociados (L Left; R Right; C Center). Además se consideran altavoces posteriores y/o laterales al espectador. (Fig. 2-3).

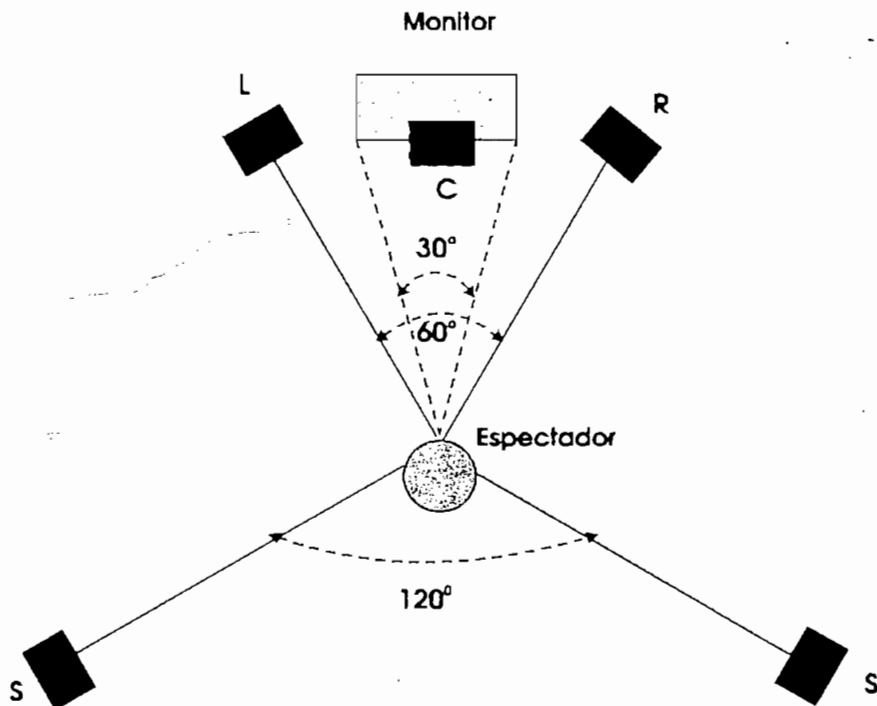


Fig. 2-3 Sistema de sonido cuadrafónico.

De esta manera el espectador en un receptor HDTV disfruta las características de la Alta Definición en la imagen y del sonido directo e indirecto. La adición de la dimensión espacial del sonido proporciona una grata sensación de realismo, y esto se consigue mediante un sistema de sonido digital *surround* (circundante) cuadrafónico [5].

## 2.2 Sistemas de Transmisión

Varias organizaciones dentro de los EE.UU, Japón y Europa están investigando sistemas para televisión de alta definición, con la finalidad de obtener un estándar a nivel mundial que facilite el intercambio internacional de información. A estos sistemas HDTV se los puede clasificar de la siguiente manera:

a) Dependiendo del tipo de la señal a transmitir:

- Transmisión analógica
- Transmisión digital

b) Desde el punto de vista del medio empleado para la transmisión de la señal HDTV:

- Distribución por satélite
- Transmisión terrestre
- Transmisión por cable

Los sistemas HDTV de Europa y Japón emplean transmisión analógica, distribuidos por satélite o por cable; mientras que en los EE.UU se está investigando el uso de transmisión terrestre digital dentro del ancho de banda de 6 MHz, asignado a las transmisiones actuales, y que garantice compatibilidad con los sistemas de televisión existentes.

En los EE.UU, no se tiene un estándar fijo para HDTV, ya que existen varios sistemas con similares características; de esta manera, la FCC (*Federal Communication Commission*) a través del Centro de Pruebas de Televisión Avanzada (ATTC) tiene la misión de evaluar varios sistemas para alcanzar un estándar de HDTV en este país. De todos los sistemas presentados a la FCC (entre ellos los sistemas europeo y japonés) únicamente quedan tres propuestas americanas, por tener características de transmisión completamente digital.

De todos los sistemas HDTV investigados a nivel mundial únicamente el sistema japonés transmite una hora diaria de programación HDTV que es captada en receptores especiales adecuados para la recepción directa por satélite, y utiliza un sistema de conversión (decodificación) para que los sistemas actuales puedan recibir la misma señal.

Los sistemas en referencia son:

1. Narrow-MUSE de la Corporación japonesa de Radiodifusión NHK (*Nippon Hoso Kyokai*).
2. HD-MAC (*Multiplexed Analog Components High Definition*), sistema europeo.
3. DigiCipher de *American Television Alliance* (ATVA - *General Instruments & Massachusetts Institute of Technology*).
4. Televisión Digital Avanzada (*Advanced Digital Televisión ADTV*) del Consorcio de Investigación de Televisión Avanzada, sistema americano.
5. Digital Spectrum Compatible HDTV (DSC) de Zenith Electronics y AT&T, sistema americano.

En esta sección se describe brevemente el codificador para cada uno de estos sistemas HDTV; una explicación más detallada del proceso de compresión se da en el numeral 2.4 (Compresión y Descompresión de video).

### **2.2.1 Sistemas de Transmisión analógicos**

Son sistemas de transmisión completamente analógicos que emplean métodos clásicos de modulación. El diagrama de bloques simplificado de un sistema de transmisión analógico HDTV se muestra en la Fig. 2-4. La señal en la estación de televisión debe ser digitalizada para su procesamiento y compresión, pero para la transmisión la señal es convertida a analógica; igualmente en el receptor la señal es digitalizada para la descompresión y finalmente para el despliegue de la imagen en

la pantalla, es transformada nuevamente a señal analógica.

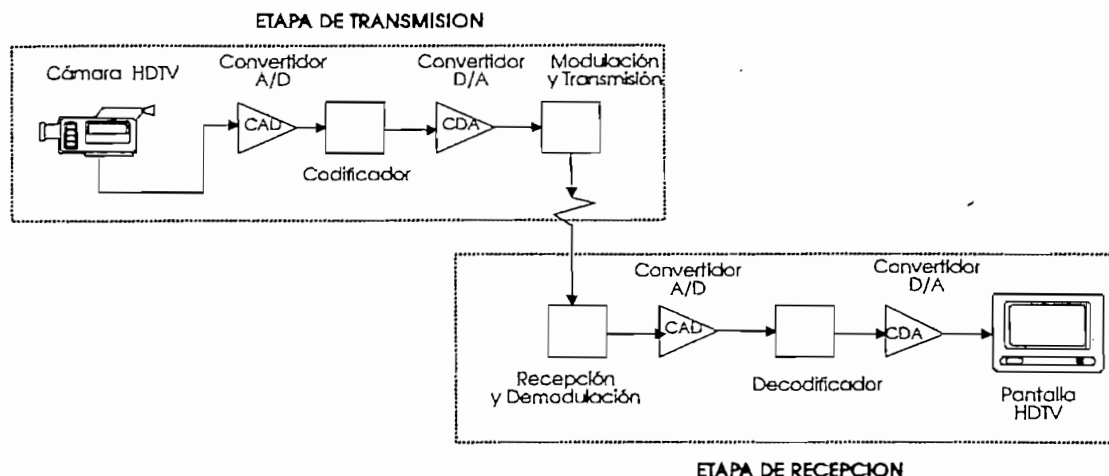


Fig 2-4 Diagrama de bloques de un sistema de transmisión analógico.

Dentro de esta clasificación se encuentran los sistemas Narrow-MUSE y HD-MAC.

### a) Narrow-MUSE de la Corporación japonesa de Radiodifusión NHK

Este sistema fue el pionero en la investigación y desarrollo de sistemas de televisión de alta definición; posteriormente varias compañías de radiodifusión y televisión en todo el mundo tomaron este camino.

En los años setenta NHK comenzó el estudio de los estándares de desempeño y características requeridas para sistemas de televisión del futuro, tomando en cuenta la cantidad de información más apropiada para la visión humana, y las condiciones requeridas para producir adecuados efectos psicológicos. Apareció entonces el primer sistema HDTV, doblando la resolución vertical y horizontal, estableciendo 1125 líneas y 60 campos por segundo.

En 1984, NHK desarrolla un sistema para transmisión HDTV, originalmente creado para radiodifusión satelital en Japón; este sistema requiere de enormes cantidades de ancho de banda; esto es, una imagen de televisión de alta definición contiene aproximadamente cinco veces más información de luminancia que



una convencional, de este modo el ancho de banda aumenta en la misma proporción. Para su reducción, NHK desarrolla un sistema llamado MUSE (*Multiple Sub-Sampling Encoding*) con el que se consigue un ancho de banda de 8.1 MHz.

Años más tarde cuando se crea el Comité Consultivo de la FCC en Servicios de televisión Avanzada, NHK realiza una versión de MUSE para operar sobre un canal simple de 6 MHz y los resultados fueron el sistema Narrow-MUSE que utiliza procesos de codificación y decodificación idénticos al MUSE original, pero para reducir el ancho de banda y ajustarse a los canales estándares de radiodifusión de 6 MHz, el número original de líneas exploradas de 1125 es convertido a 750, afectándose, en cierta medida, la resolución vertical (esta constituye una desventaja de este sistema), de este modo el video Narrow-MUSE se reduce a un ancho de banda de 4.86 Mhz [6].

#### i. Características básicas de la señal de video

En base a los resultados de estas investigaciones, se especifica por parte de NHK un estándar para HDTV cuyos parámetros de la señal de video se muestran en la Tabla 2.2.

Parámetro	Valor
Número de líneas exploradas	1125
Relación de aspecto	16/9
Formato de exploración	entrelazado
Frecuencia de campo	60 Hz
Frecuencia de línea	33.750 Hz
Frecuencia de muestreo	48,6 MHz

Tabla 2.2 Características básicas de la señal de video para HDTV de la Corporación de Radiodifusión japonesa NHK.

## ii. Representación analógica de la señal HDTV

La imagen se representa mediante tres señales de video distintas y coincidentes en el tiempo, estas señales se describen totalmente en la Tabla 2.3.

Características		Valor
Señal de luminancia	Nivel de negro de referencia (mV).	0
	Nivel de blanco de referencia (mV).	700
	Nivel de sincronismo de referencia (mV).	±300
Señales diferencia de color	Nivel de cero de referencia (mV)	0
	Nivel de pico de referencia (mV)	±350
	Nivel de sincronismo (mV)	±300
Ancho de banda	Luminancia	30 MHz
	Crominancia: Cr	30 MHz
	Cb	30 MHz

Tabla 2.3 Niveles nominales y ancho de banda

Las características colorimétricas se presentan en la tabla 2.4.

Parámetro	Característica	
	x	y
Coordenadas $x$ y $y$ para los tres colores primarios, que se obtienen del diagrama de cromaticidad.	R	0.63 0.34
	G	0.31 0.595
	B	0.155 0.070
Blanco de referencia.	0.3127	0.329
Señales transmitidas.	$Y = 0.701G + 0.087B + 0,212R$ $Cr = -0.445G - 0.055B + 0.5R$ $Cb = -0.384G + 0.50B - 0.116R$	

Tabla 2.4 Características colorimétricas de la señal [4].

### iii. Sincronización y temporización analógica

La estructura de la señal de video y sincronismo es muy similar a los sistemas actuales tanto a nivel de línea como de campo, variando únicamente la forma del impulso de sincronismo que está presente en las tres señales.

Si se analiza en una señal de televisión convencional, el  $O_H$  (punto de referencia para la sincronización de línea) Fig. 2-5, coincide con el punto medio del flanco de bajada de la señal de sincronismo. Esto implica que si por alguna razón al recibir esta señal el sincronismo resulta recortado (por ejemplo a 200 mV) el  $O_H$  quedaría desplazado respecto a su valor correcto y por tanto sincronizándose en un punto distinto del especificado.

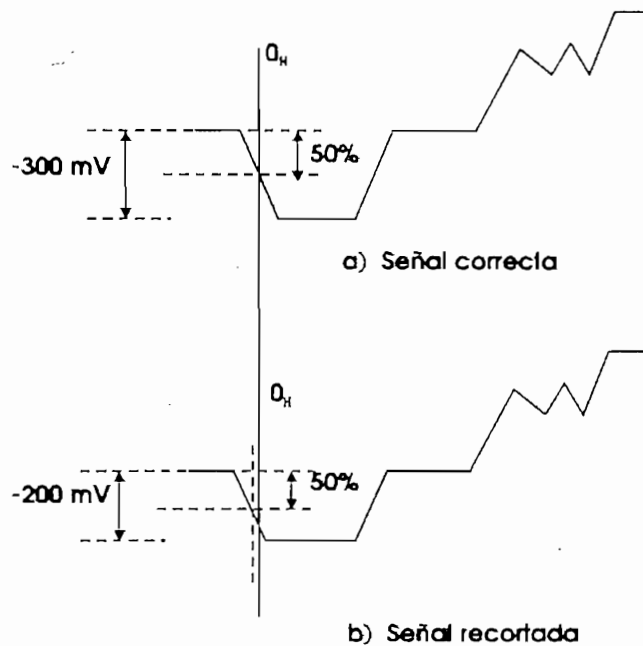


Fig. 2-5 Sincronización de línea del sistema de televisión convencional.

En el sistema HDTV esto se soluciona con señales de sincronismo trinivel dado que el  $O_H$  siempre coincide con el paso de 0 de la señal y cualquier recorte tanto por arriba como por abajo de la misma no afectaría a una correcta sincronización (Fig. 2-6).

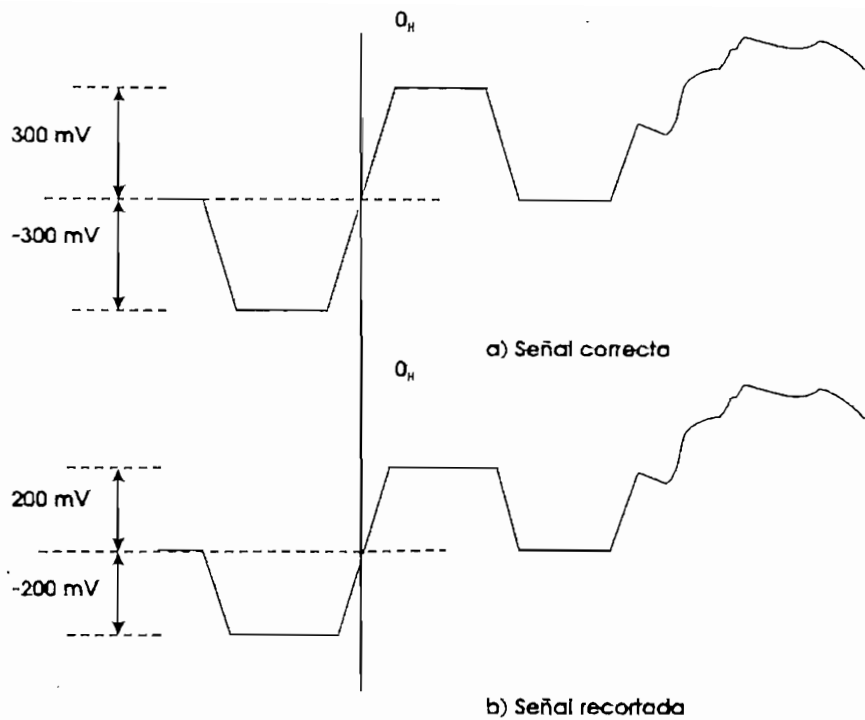
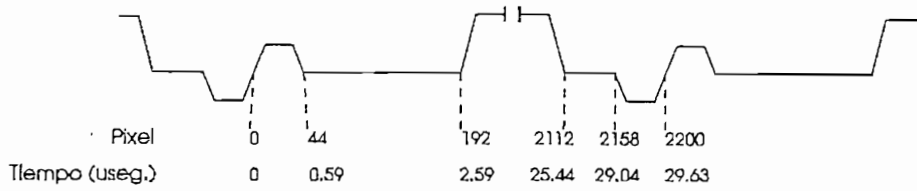


Fig. 2-6 Sincronización de línea del sistema de HDTV.

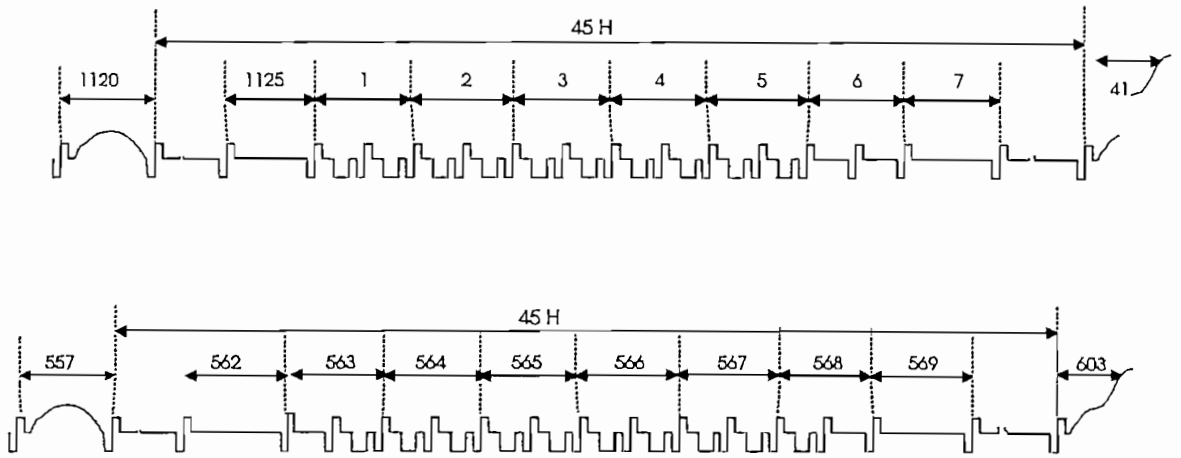
Todos los parámetros de la sincronización y temporización analógica del sistema Narrow-MUSE se especifican en la Tabla 2.5 y Fig. 2-7.

Características	
Forma de la señal de sincronismo	Tri-nivel bipolar
Período de una línea (H) ( $\mu\text{seg.}$ )	29.63
Intervalo nominal de borrado de línea ( $\mu\text{seg.}$ )	3.77
Período de un campo (mseg.)	16.67
Intervalo de borrado de campo	45H
Temporización de línea H (en pixels):	
Flanco de subida del sincronismo (Referencia de temporización)	0
Ultimo franco de sincronismo	44
Principio de video activo	192
Final de video activo	2112
Primer flanco de sincronismo	2156
Línea completa	2200
Línea activa	1920

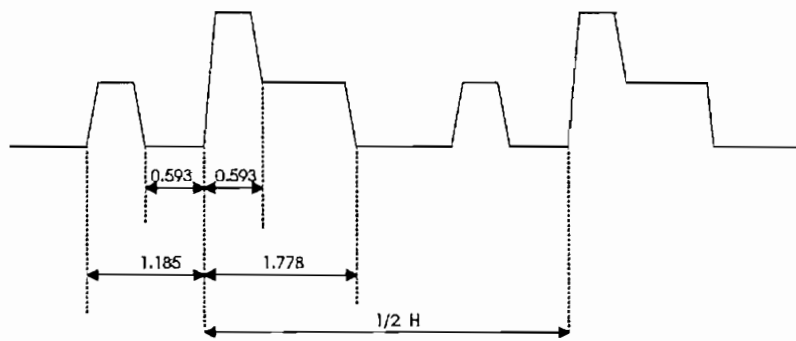
Tabla 2.5 Descripción de las señales de sincronismo.



a) Diagrama de tiempos de la línea de video



b) Detalle del borrado vertical



c) Detalle de los pulsos de sincronismo de campo (useg.)

Fig. 2-7 Forma de onda del sincronismo.

#### iv. Representación digital de la señal HDTV

Las señales de video se representan en forma digital según los parámetros de la Tabla 2.6

Características	
Frecuencia de muestreo: Señal de luminancia (Y) (Mhz) Cada señal diferencia de color (MHz)	74.25 37.125
Número de muestras por línea completa: Señal de luminancia (Y) Cada señal diferencia de color (Cr, Cb)	2200. 1100
Estructura de muestreo	Repetitivo en línea campo y cuadro. Las muestras de Cr y Cb coinciden con las muestras impares de Y en cada línea.
Forma de codificación	Cuantificación uniforme PCM, 8 bits por muestra, para la señal de luminancia y cada señal diferencia de color.
Número de muestras por línea digital activa: Señal de luminancia Cada señal diferencia de color	1920 960

Tabla 2.6 Parámetros de representación digital [4].

#### v. Principio del sistema MUSE y Narrow-MUSE

Este sistema toma en cuenta la cantidad de movimiento presente en la imagen y la procesa de acuerdo con este parámetro. En los estándares actuales el procesamiento de escenas en movimiento y de escenas estáticas es el mismo, pero el sistema visual humano no aprecia de igual manera estos dos casos. Cuando existe movimiento se pueden distinguir pocos detalles a diferencia de escenas estáticas, para las cuales se

requiere de una mayor resolución para destacar mejor los detalles.

Un diagrama de bloques del codificador MUSE (que corresponde a la parte digital) se muestra en la Fig. 2-9. Este sistema parte de la imagen en sus tres componentes Y, R-Y y B-Y muestreadas originalmente a 48.6 MHz; la señal MUSE es separada en dos caminos de acuerdo al grado de movimiento presente en la escena por el TCI (*Time Compression Integrator*), en el cual se mide el movimiento del objeto en campos sucesivos utilizando la técnica de predicción de movimiento (se describirá en forma más detallada en el numeral 2.4.1).

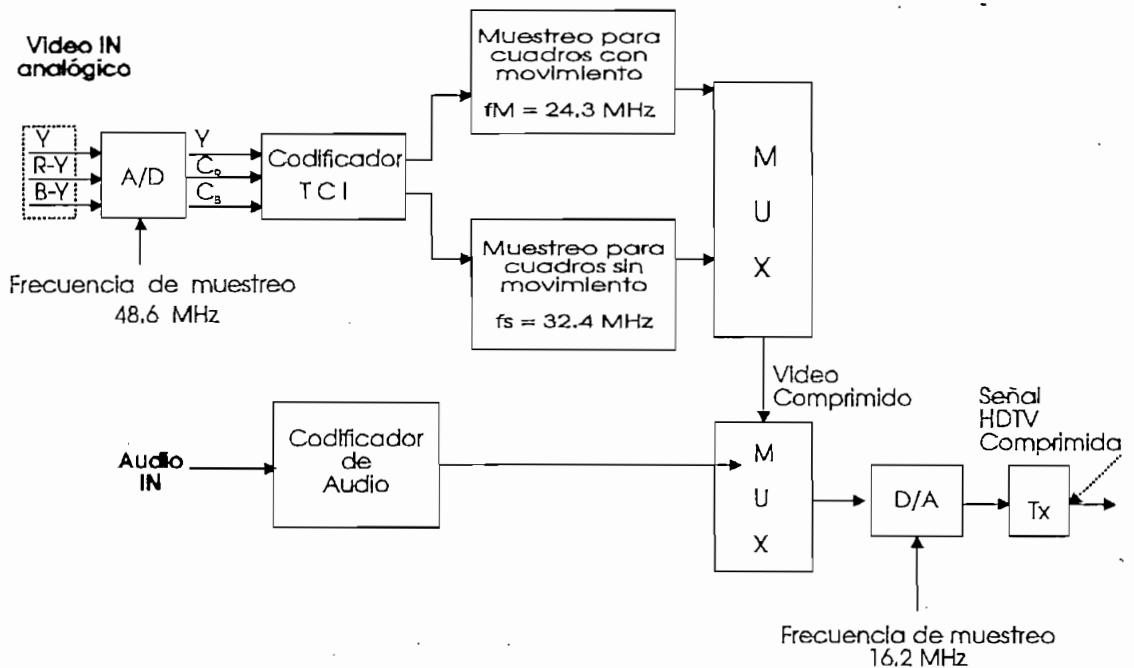


Fig 2-9 Codificador del sistema MUSE.

Con esta técnica se comparan dos cuadros sucesivos (cuadro anterior B y cuadro actual A) para determinar si existe o no movimiento en la escena. Se toma un grupo de pixels de referencia del cuadro anterior (B) y se lo compara con el grupo del cuadro (A) en la misma posición; se producen luego pequeños desplazamientos alrededor del objeto en movimiento, con el fin de obtener un grupo de pixels semejantes en (A), con esto se determina el desplazamiento del objeto en los ejes

espaciales "x" y "y". De esta manera se detecta el movimiento de los objetos en una escena determinada y la señal de video se enruta hacia dos caminos: uno para porciones estáticas (S) y otro para porciones en movimiento (M).

Para escenas en movimiento, debido a que pocos detalles pueden observarse, la señal se muestrea nuevamente con una frecuencia menor que para escenas estáticas (frecuencia de muestreo para señales en movimiento  $f_M = 24.3$  MHz y frecuencia de muestreo para señales estáticas  $f_S = 32.4$  MHz), con el fin de obtener un menor número de píxels que describan la imagen. De esta manera se utiliza una mayor resolución para imágenes estáticas que para imágenes en movimiento.

En cada cuadro de la señal de video se envían las respectivas señales de control que especifican el tipo de imagen (estática o con movimiento), para que la decodificación se pueda realizar más fácilmente, finalmente se añaden señales de sincronismo y audio digital [7].

El sistema Narrow-MUSE usa el codificador original del sistema MUSE, y de esta manera utiliza el mismo proceso de codificación, pero se añade un convertidor del número de líneas a la entrada del codificador para reducir de 1125 a 750 (Fig. 2-10), y a la salida del decodificador para expandir de 750 a 1125. Así se reduce el ancho de banda de 8.1 MHz y se ajusta la información de la señal al canal convencional de 6 MHz. El ancho de banda de la señal en banda base es de 4.86 Mhz.

Se puede concluir que este sistema presenta una gran desventaja debido a su naturaleza analógica en la transmisión de la señal, puesto que en la actualidad la tendencia se orienta hacia un mundo totalmente digital por ser más confiable y seguro. Además, al no ser compatible este sistema con los receptores convencionales no es un buen candidato para un estándar HDTV en la actualidad.



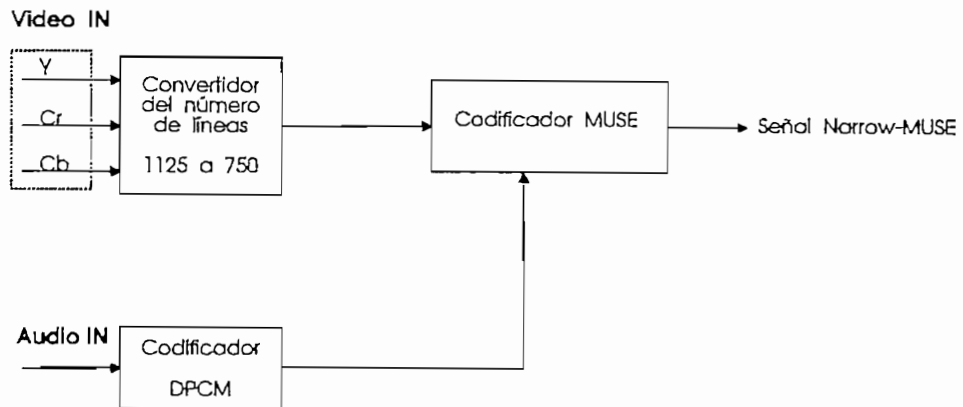


Fig 2-10 Diagrama de bloques del codificador del sistema Narrow-MUSE.

## b) Sistema HD-MAC (*Multiplexed Analog Components - High Definition*)

El sistema europeo HD-MAC, surge como respuesta a la incompatibilidad de frecuencia de campo y a la pérdida de calidad al realizar la conversión del formato del sistema HDTV japonés al formato PAL. El resultado de estos estudios en la obtención de un sistema de televisión de alta definición fue presentado al CCIR como un futuro estándar con carácter mundial.

El sistema HD-MAC en esencia, se basa en la digitalización de las señales de video en componentes, su compresión en paquetes, su conversión analógica y la transmisión por satélite.

### i. Características básicas de la señal de video

Los parámetros principales de la señal de video del estándar para HDTV por parte de HD-MAC se muestran en la Tabla 2.7.

Parámetro	Valor
Número de líneas exploradas	1250
Relación de aspecto	16/9
Formato de exploración	progresivo
Frecuencia de campo	50 Hz
Frecuencia de línea	62.5 KHz
Frecuencia de muestreo:	
luminancia	144 MHz
Cr y Cb	72 MHz

Tabla 2.7 Características básicas de la señal de video HD-MAC.

## ii. Representación analógica de la señal HDTV

La imagen se representa mediante tres señales de video distintas y coincidentes en el tiempo, representadas por los siguientes parámetros (Tabla 2.8).

Características		Valor
Señal de luminancia	Nivel de negro de referencia (mV).	0
	Nivel de blanco de referencia (mV).	1.000
	Nivel de sincronismo de referencia (mV).	±300
Señales diferencia de color	Nivel de cero de referencia (mV)	0
	Nivel de pico de referencia (mV)	±650
	Nivel de sincronismo (mV)	±300
Ancho de banda (MHz)	Luminancia	60
	Crominancia: Cr	30
	Cb	30

Tabla 2.8 Niveles nominales y ancho de banda

Las características colorimétricas se presentan en la tabla 2.9.

Parámetro	Característica	
Coordenadas de cromaticidad para los colores primarios.	x	y
	R	0.69 0.3083
	G	0.00 1.0000
	B	0.144 0.0297
Blanco de referencia.	0.3127	0.329
Señales transmitidas.	$Y = 0.3392R + 0.6217G + 0.0391B$ $Cr = 1.8(R - Y)$ $Cb = 1.8(B - Y)$	

Tabla 2.9 Características colorimétricas de la señal.

### iii. Sincronización y temporización analógica

La estructura de la señal de video y sincronismo es similar al sistema japonés a nivel de línea como de campo.

Todos los parámetros de la sincronización y temporización analógica del sistema HD-MAC se especifican en la Tabla 2.10.

Características	
Forma de la señal de sincronismo	Tri-nivel bopolar
Período de una línea (H) ( $\mu$ seg.)	16
Intervalo nominal de borrado de línea ( $\mu$ seg.)	2.667
Período de un campo (mseg.)	20
Intervalo de borrado de campo (mseg.)	1.568

Tabla 2.10 Descripción de las señales de sincronismo

### iv. Representación digital de la señal HD-MAC

Las señales de video se representan en forma digital según los parámetros de la Tabla 2.11

Características	
Frecuencia de muestreo:	
Señal de luminancia (Y) (Mhz)	144
Cada señal diferencia de color (MHz)	72
Número de muestras por línea completa:	
Señal de luminancia (Y)	2304
Cada señal diferencia de color (Cr, Cb)	1152
Estructura de muestreo	Repetitivo en línea campo y cuadro. Las muestras de Cr y Cb coinciden cada una con las muestras impares de Y en líneas impares.
Forma de codificación	Cuantificación uniforme PCM, con almenos 8 bits por muestra, para la señal de luminancia y cada señal diferencia de color.
Número de muestras por línea digital activa:	
Señal de luminancia	1920
Cada señal diferencia de color	960

Tabla 2.11 Parámetros de representación digital.

#### v. Principio de codificación del sistema HD-MAC.

La fuente de señal HD-MAC emplea la frecuencia de campo de 50 Hz, 1250 líneas y relación de aspecto 16/9, para transmitir las tres componentes de la señal HDTV (Y, Cr y Cb) en el tiempo asignado a una línea, es necesario una compresión en el tiempo de cada señal similar a la que realiza el sistema MUSE.

Para la reducción del ancho de banda este sistema explota la redundancia temporal de la señal y, en segundo lugar,

aprovecha las propiedades psicofísicas de la combinación ojo-cerebro para conseguir una calidad aceptable de la señal. Para áreas de movimiento aleatorio, (por ejemplo, un pájaro volando), el ojo necesita actualizar rápidamente la información temporal, pero tolera una resolución menor en el área de movimiento. Por ello se estudian dos caminos diferentes; uno para imágenes fijas y otro para imágenes en movimiento.

Además de estas dos categorías de imágenes en movimiento o estáticas, existe una tercera categoría (que no emplea el sistema Narrow-MUSE). El ojo es tolerante a pérdidas de detalle en objetos móviles, pero esta situación no se puede aplicar a objetos con movimientos lentos; por ejemplo una mano moviéndose lentamente sujetando elementos con detalles finos; entonces se transmite al receptor vectores de movimiento con la velocidad y dirección de estas áreas. Esto permite tratar al objeto como si fuera estacionario, reconstruyendo el detalle sobre varios campos (Fig. 2-11).

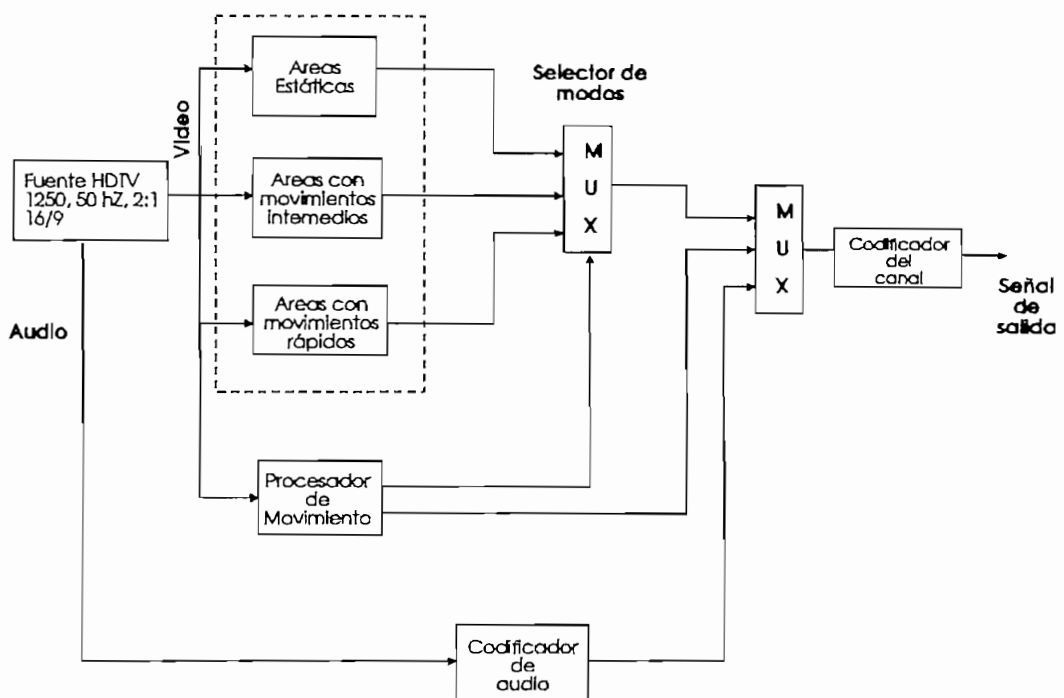


Fig 2-11 Diagrama de bloques del codificador HD-MAC

En el codificador se estructura el proceso según tres modos diferentes relacionados con la cantidad de movimiento de la imagen:

- Un modo, en el que la información se asocia a elementos estáticos, efectuándose un muestreo con una frecuencia mayor que para escenas con movimientos rápidos.
- Un segundo modo para áreas en movimiento de tipo intermedio, en donde se efectúa una estimación del movimiento.
- Un tercero para movimientos rápidos o aleatorios, en este caso no hay estimación de movimiento, y la señal se muestrea con una frecuencia menor que para el modo uno.

Estos modos se seleccionan mediante un procesador que controla el movimiento de la escena, lo que significa que para que se pueda decodificar en el receptor de una forma inversa a como se seleccionó en el transmisor, es necesario transmitir también estas señales de control de modo.

En cuanto a las dos señales de crominancia se transmiten de manera similar con los tres modos pero sin estimación de movimiento.

Las señales que indican la ejecución de uno de los tres modos se envían junto con las señales de audio video y sincronismo hacia el receptor.

## 2.2.2 Sistemas de transmisión digitales

La introducción de la tecnología digital en el campo de la televisión está retrazada con respecto a otras áreas de la industria, la razón principal puede ser el bajo interés por las mejoras o evoluciones que suponen modificación de los equipos (debido a los grandes costos de producción y equipamiento), así como la reacción del consumidor a estas reformas si conllevan incompatibilidad con los receptores que poseen.

Actualmente es reconocido que el mejor camino para mejorar la calidad de las señales de televisión, es a través de su implementación y transmisión digital, y es por eso que los tres sistemas norteamericanos prevalecen en las investigaciones para obtener un estándar. Un factor importante en estos tres sistemas digitales es su similitud en el proceso de compresión.

En la Fig 2-12 se observa un diagrama de bloques simplificado de un sistema de transmisión digital, donde la señal HDTV original es analógica, pero se convierte a digital para el procesamiento de compresión y transmisión. Luego es convertida a la forma analógica en el receptor para el despliegue en la pantalla.

En esta sección se describe brevemente el codificador de cada uno de los tres sistemas HDTV digitales (D-HDTV) en estudio. Debido a que el esquema de compresión es similar en estos tres sistemas, se lo describirá una sola vez para el sistema DigiCipher, anotando únicamente las diferencias para los demás sistemas.

La estructura de la señal de video y sincronismo (niveles nominales, características colorimétricas y forma de las señales de sincronismo) de estos tres sistemas de televisión de alta definición son similares al sistema japonés, por este motivo no se especifica para cada sistema.

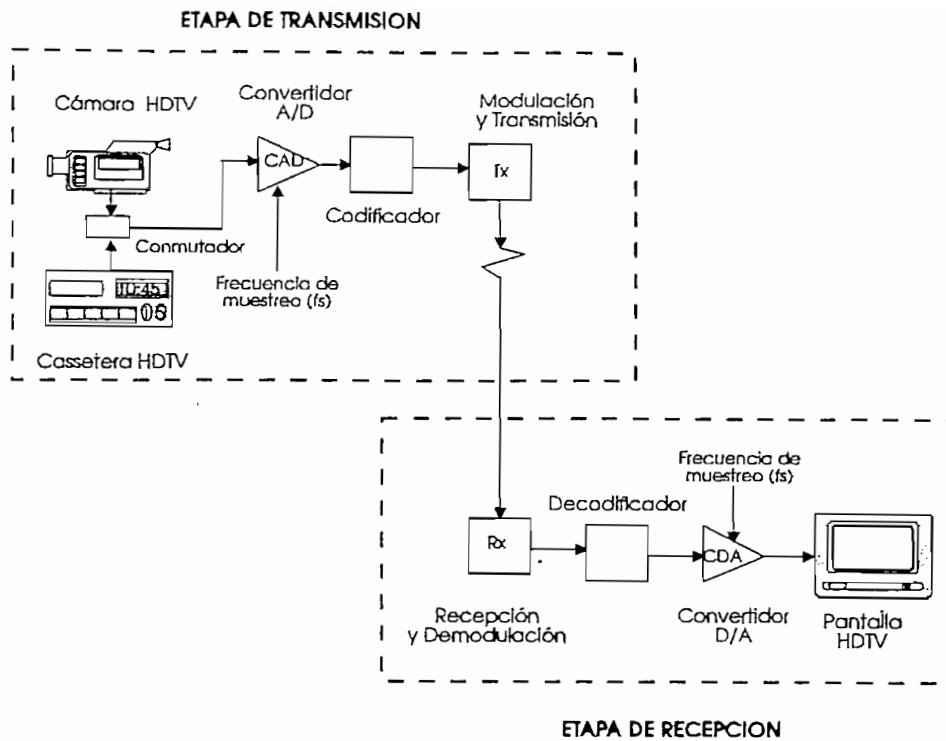


Fig 2-12 Diagrama de bloques de un sistema de transmisión digital.

**a) DigiCipher de la Alianza de Televisión Americana (American Television Alliance - ATVA)**

Este sistema opera con entradas Y, (R-Y) y (B-Y) analógicas de 1050 líneas. La exploración es entrelazada 2:1 y la razón de campo de 59.94 Hz. La razón de línea es el doble que en la norma NTSC, y se escoge para permitir una fácil conversión de señales entre los dos sistemas.

El video es primero digitalizado y comprimido para luego ser multiplexado con cuatro canales de audio digital, un canal de datos y texto y un canal de control. La velocidad de la transmisión de datos totales resultante es de 19.51 Mbps. El tipo de modulación que este sistema emplea para la transmisión es 16-QAM (Modulación en amplitud en cuadratura de 16 estados).

Para la compresión, este sistema aprovecha la redundancia que existe tanto espacial como temporal en las imágenes de televisión, utilizando adecuados métodos para su procesamiento;



así, para la compresión temporal utiliza estimación y compensación de movimiento y para la compresión espacial una combinación de la transformada de coseno discreto y recuantización.

## Descripción del Sistema DigiCipher

Las señales analógicas Y, (R-Y) y (B-Y) del equipo de origen son aplicadas a un filtro pasa bajos, luego se digitalizan con una frecuencia de muestreo de 53.65 MHz (dando 1705 muestras en cada línea). Un diagrama de bloques simplificado del sistema DigiCipher se muestra en la Fig. 2-13.

En el bloque de reducción (*decimators*), la resolución de las imágenes de crominancia, se disminuyen en el sentido horizontal en un factor de 4 y en el sentido vertical en un factor de 2. Esta reducción de información cromática no afecta significativamente a la calidad de la imagen porque el ojo humano es menos sensitivo a los detalles de color que a los niveles de brillo.

El video entrante se aplica tanto a la etapa de estimación de movimiento como al sumador (1) de la Fig. 2-13, donde se realiza la diferencia de la señal actual (A) con la señal predicha (X) obteniéndose el error de la predicción.

La etapa de estimación de movimiento, mide el movimiento de los objetos en la imagen, para esto se toma un grupo de pixels de referencia del cuadro anterior B (el cual se la reconstruye añadiendo a la imagen predicha X el error de la predicción en el sumador (2), y se la compara en la misma posición pero con la imagen actual A; se producen luego pequeños desplazamientos alrededor del objeto en movimiento con el fin de obtener un grupo de pixels semejantes en A, con esto se determina el desplazamiento del objeto en los ejes espaciales  $x$  y  $y$  a través del vector de movimiento, este es enviado luego a la etapa de compensación de movimiento (la estimación y compensación de movimiento se detalla en el numeral 2.4.1).

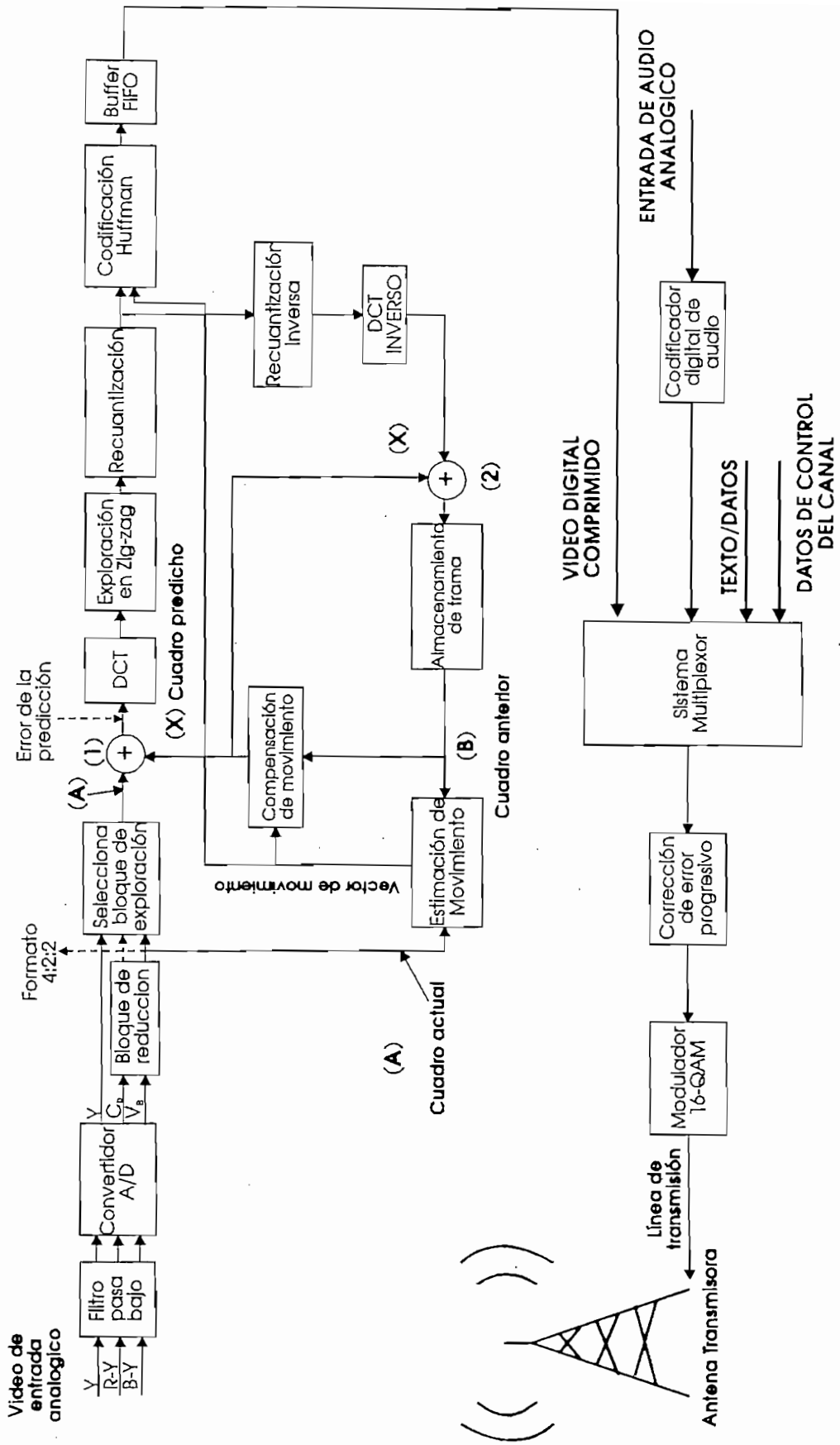


Fig 2-13 Diagrama de bloques del Sistema Digicipher.

La etapa de compensación de movimiento, mueve los pixels del cuadro de referencia almacenado (B) a su posición predicha en la nueva imagen con la ayuda del vector de movimiento, que se obtuvo en la etapa de estimación de movimiento; a este cuadro predicho (X) se le resta del cuadro de entrada (A) para obtener la diferencia (error de la predicción, que en varias imágenes de televisión la diferencia en el contenido de dos cuadros consecutivos es bastante pequeño particularmente donde exista un pequeño movimiento en la imagen).

El resultado de este proceso es que la redundancia temporal ha sido eliminada (es decir la información de la imagen que se repite de cuadro a cuadro). El error de la predicción es luego procesado para remover la redundancia espacial (aquella que puede existir en un mismo cuadro cuando pixels adyacentes tienen valores iguales); esto se realiza con una combinación de la transformada de coseno discreto DCT (*Discrete Cosine Transform*) y recuantización, y luego es multiplexada con el vector de movimiento, para producir el sistema de salida.

La transformada de coseno discreto por si sola no realiza la función de compresión, pone los datos de una manera que facilita el proceso siguiente (recuantización). La DCT permite la separación de la información más importante de la menos importante en la imagen; es decir, concentra la energía de video a las frecuencias a las cuales el ojo humano es más sensitivo (bajas frecuencias) dentro de pocos coeficientes, los componentes de alta frecuencia de video son representados como coeficientes con un valor cero o cercano a cero.

En el bloque de recuantización, los factores de peso son aplicados para dar la más alta prioridad a los de alta magnitud (baja frecuencia) y decreciendo la prioridad para los coeficientes de más baja amplitud (más alta frecuencia).

Una reducción adicional en la velocidad de datos (razón de datos) se obtiene utilizando el código Huffman de longitud variable, en el cual se asigna palabras código cortas para

valores fijos que ocurren más a menudo en el tren de datos, mientras que palabras código más largas se usan solamente para valores que ocurren rara vez; a estos datos binarios se les añade una palabra código de fin de bloque (EOB). En el decodificador, la sincronización se efectúa al recibir los datos EOB. En caso de haber una pérdida de sincronización, esta se recupera en cada cuadro.

El contenido de las imágenes de televisión puede variar dramáticamente; por lo tanto, deben generarse diferentes razones de datos para cada escena. Los cambios en la cantidad de datos que deben ser procesados dan como resultado una amplia variación de la razón de bits en el tren de datos, para regular esto se utiliza un buffer FIFO, que provee una razón de bits de salida constante hacia el sistema multiplexor, donde el tren de datos de audio, control y texto son sumados.

La etapa de corrección de error progresiva (*Forward Error Correction FEC*), minimiza los errores en el canal de transmisión sobre la integridad de la señal recibida. Un esquema FEC en un sistema  $(n,k)$  (donde  $n$  es el total de bits transmitidos y  $k$  son los bits de información), añaden bits de control  $(n-k)$  para formar una palabra código. La palabra código es luego enviada hacia la recepción, en el camino puede ser contaminada por el ruido presente en el canal de transmisión, y la palabra recibida contendría errores.

En el receptor al decodificar la palabra código se calcula su síndrome (un síndrome es una palabra binaria calculada por el decodificador que se usa para hacer la decisión de que palabra código fue transmitida). Si el síndrome es cero, la palabra recibida se asume libre de error y es entregada para posteriores procesamientos (sin bits de chequeo de control). Si el síndrome de la palabra recibida no es cero, entonces se detecta la presencia de un error y el decodificador intenta localizar y corregir el error.

Finalmente en la etapa de modulación, este sistema utiliza la modulación 16-QAM; es decir, los datos se ponen sobre la

onda portadora RF en forma de 16 combinaciones de amplitud y fase.

Todos los parámetros del sistema DigiCipher se encuentran en la Tabla 2.12.

Parámetros	Valor
Relación de aspecto.	16/9
Número de líneas exploradas por cuadro.	1050
Cuadros por segundo.	29.97
Formato de exploración.	entrelazado 2:1
Frecuencia horizontal.	31.469 KHz
Píxeles video activos:	
- luminancia	960 (V) x 1408 (H)
- crominancia	480 (V) x 352 (H)
Frecuencia de muestreo.	53.65 MHz
Ancho de banda	
- luminancia	21.5 MHz
- crominancia	5.4 MHz
Algoritmo de compresión de video.	Algoritmo DCT y recuantización
Ancho de banda de audio.	20 KHz
Frecuencia de muestreo de audio	48 KHz
Razón de datos totales.	19.51 Mbps (16QAM)

Tabla 2.12 Estándar para HDTV de DigiCipher de la Alianza de Televisión Americana (ATVA).

### **b) Televisión Digital Avanzada (*Advanced Digital Televisión ADTV*) del Consorcio de Investigación de Televisión Avanzada**

El sistema ADTV usa un formato de video de entrada de 1050 líneas por cuadro, 59.94 campos por segundo y entrelazado 2:1. Las señales Y, (R-Y) y (B-Y) son muestreadas con una frecuencia igual a 54 MHz para tener 1440 pixels activos por línea (H), y 960 líneas activas (V) para cada una de las señales (Y, C<sub>R</sub>, C<sub>B</sub>). La información de color es muestreada a la mitad de la razón de muestreo de luminancia, es decir a 27 MHz, produciendo señales C<sub>R</sub> y C<sub>B</sub> de 720 pixels activos (H), por 480 líneas

activas (V), de esta manera se conforma el formato 4:2:2; es decir, que por cuatro muestras de luminancia (4Y) existen dos muestras de cada señal de color ( $2C_R$ ,  $2C_B$ ).

Para la ubicación de la señal dentro de un canal de 6 MHz, ADTV asegura una mejoría en la técnica de compresión denominada MPEG (*Motions Pictures Expert Group*). Esta técnica toma los datos en el formato 4:2:2 y los transforma a un formato 4:2:0; es decir, por cada cuatro muestras de la señal de luminancia existe una muestra de cada señal de color ( $C_R$  y  $C_B$ ). Esta técnica se desarrolla para tener un mejor nivel de desempeño del sistema HDTV y fortalece el esquema de transmisión, priorizando la información para tener comunicaciones más seguras por el aire.

La Fig. 2-14 muestra el diagrama de bloques del sistema total.

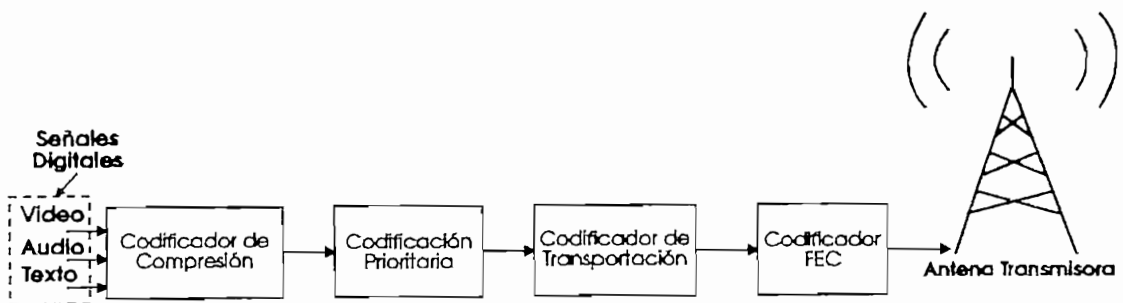


Fig 2-14 Diagrama de bloques del sistema de transmisión total de ADTV.

La velocidad de datos totales que maneja el sistema ADTV es de 21 Mbps, de los cuales el video consume 14.98 Mbps, audio 1.02 Mbps, datos 0.04 Mbps, y el 23.6% restante para bits de corrección de error.

### Esquema de compresión ADTV usando el estándar MPEG (*Motions Pictures Expert Group*)

MPEG es un estándar de compresión el cual permite reproducción de imágenes en movimiento. La imagen de entrada está con formato 4:2:2, lo cual significa que las señales de color son submuestreadas horizontalmente pero no verticalmente.

Para HDTV digital el ancho de banda es crítico, entonces es necesario reducir a la mitad la frecuencia de muestreo vertical de las señales diferencia de color, entonces se obtiene el formato 4:2:0. En la Fig. 2-15 se observa que con muestreo 4:2:0, las señales de crominancia solamente existen sobre líneas alternadas.

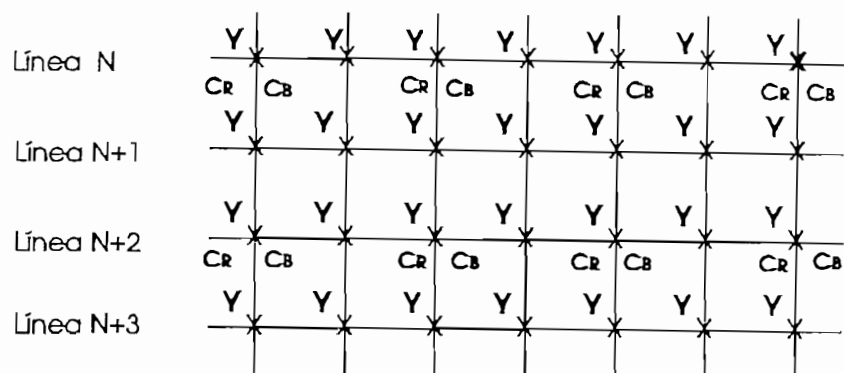


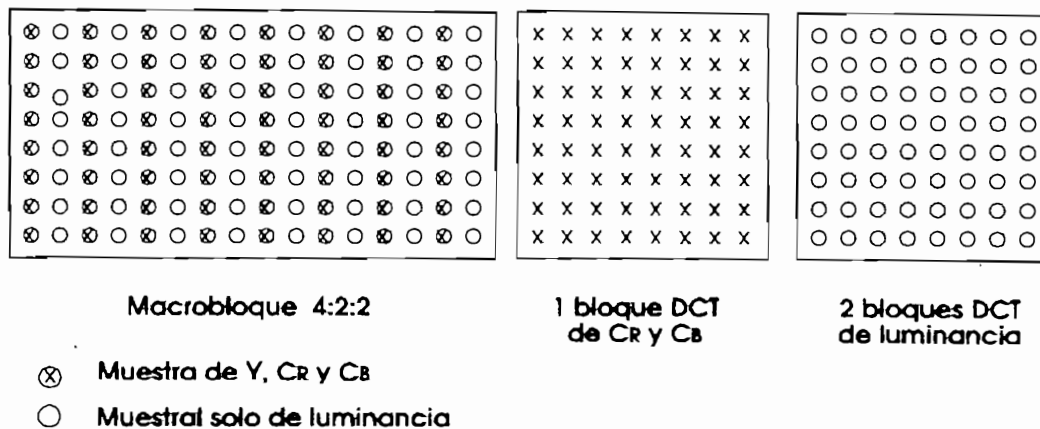
Fig 2-15 En muestreo 4:2:0, las muestras de crominancia están sobre líneas alternas.

Debido a que en la mayoría de formatos el espaciamiento de los pixels es mayor en las señales de crominancia que de luminancia, se requiere para el procesamiento que las señales de luminancia y las dos señales de color tengan la misma medida del bloque DCT (8 pixels por lado dando un total de 64 pixels), entonces se ha creado un macrobloque para lograr este propósito. La Fig 2-16 muestra que un macrobloque es un área de la imagen que contiene varios bloques DCT de luminancia y un bloque DCT de señales de color. La medida de un macrobloque está dada por la medida del bloque transformado (DCT) y el grado de submuestreo de crominancia.

En un sistema 4:2:2 la razón de muestreo vertical de las señales de crominancia es la misma que para luminancia pero la razón horizontal es la mitad. De este modo un macrobloque tiene 16 pixels de luminancia de ancho por 8 de alto. Esta área de la pantalla contiene un bloque de 8x8 muestras de las dos señales diferencia de color y dos bloques de luminancia de la misma medida de lado a lado. En un sistema 4:2:0 la razón de muestreo vertical de las señales de color es también la mitad y un macrobloque es de 16 pixels de luminancia de cada lado, esto

contiene 4 bloques de luminancia y un bloque de las dos señales diferencia de color.

(a)



(b)

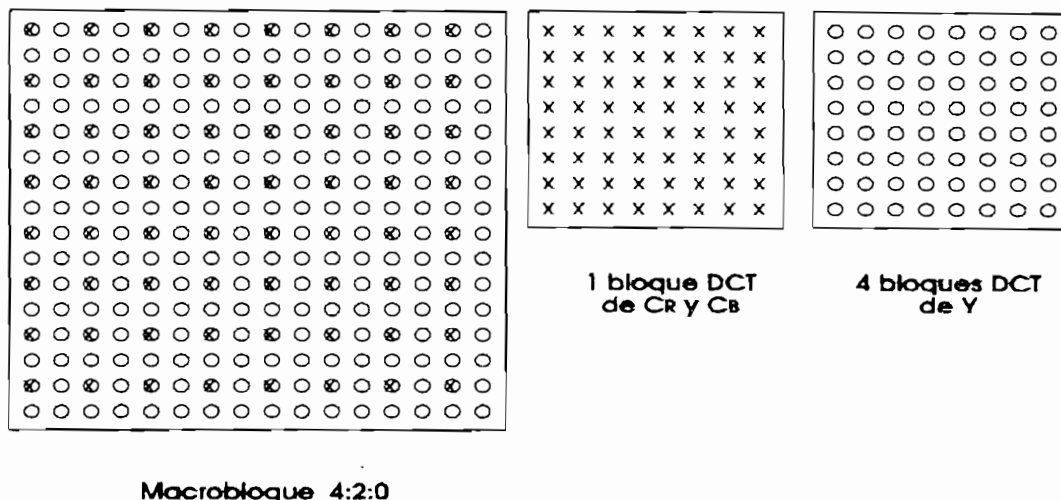


Fig 2-16 Macrobloques para los formatos: a) 4:2:2 y b) 4:2:0.

El estándar de compresión MPEG es similar al visto en el sistema DigiCipher, pero para evitar errores en la propagación, se envían cuadros completos (cuadros "I") cada cierto intervalo de tiempo, posteriormente se mandan únicamente el valor de la diferencia entre muestras ó el error de la predicción (cuadros "P"). El cuadro predicho "X" es reconstruido tanto en el codificador como en el decodificador tomando los cuadros "I" o "P" anteriores desplazando los pixels de acuerdo al vector de movimiento (Fig. 2-17).



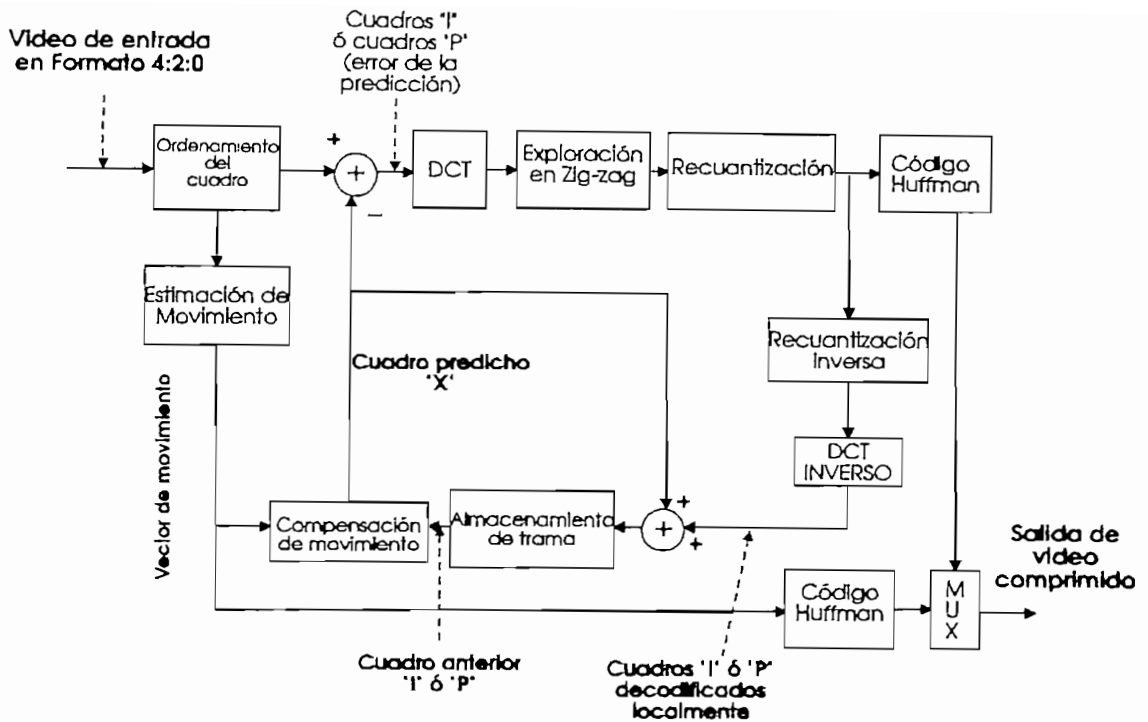


Fig 2-17 Diagrama de bloques del codificador del sistema ADTV.

El estándar MPEG divide la imagen HDTV digital dentro de macrobloques, sobre los cuales se realizan tres tipos (modos) de codificación:

- *Intra-field* (campos "I") en la cual los macrobloques son codificados sin referencia a ningún otro campo; es decir, sobre estos cuadros se aplica directamente la compresión espacial (DCT y recuantización).
- *Inter-field* se aplica una forma de codificación diferencial (DPCM), en la cual se envía la diferencia entre las muestras (campos "P"), en lugar de la muestra completa, entonces el número de bits para codificar esta diferencia sería menor y reduciría el ancho de banda; para esto es necesario el retardo de un cuadro completo dentro del sistema, de manera que un pixel específico en la imagen anterior o de referencia es restado del mismo pixel en la imagen actual para obtener la diferencia del pixel para transmisión. Esto es claro para imágenes sin movimiento o con poco movimiento, donde imágenes sucesivas son similares y también la diferencia de los valores calculados son pequeños.

- *Inter-frame* se utiliza para el caso de movimientos rápidos en la escena, el método es el mismo utilizado en el Sistema DigiCipher de ATVA, en el cual se genera un campo predicho (campo "X") agregando el vector de movimiento a un campo anterior almacenado que se lo toma como referencia; es decir, usando compensación de movimiento y luego es restada del campo actual para obtener el error de la predicción. Las operaciones de compresión de video para *inter-frame* incluyen estimación y compensación de movimiento para eliminar la redundancia temporal; DCT y recuantización para eliminar la redundancia espacial.

Junto con cada macrobloque de coeficientes son enviados el modo de codificación y el vector de movimiento de manera que el decodificador pueda invertir el proceso.

### **Codificación prioritaria**

Los sistemas de codificación para procesar una gran cantidad de nuevos datos, demandan algunas condiciones; por ejemplo, para escenas con mucho movimiento y detalles finos, los datos son separados dentro de dos flujos en relación con su importancia para la operación completa del sistema. Los datos críticos que sirven para el mantenimiento de la integridad básica de las imágenes recibidas (típicamente los niveles de la escala de gris, descritos por el valor DC), así como las señales de audio, se asignan con prioridad alta HP (*High Priority*). Los coeficientes de baja frecuencia y luego los de más alta frecuencia (detalles finos), forman el tren de datos de prioridad estándar SP (*Standard Priority*).

El dato más crítico es identificado y codificado con mayor protección de error. La cantidad de carga sobre el canal varía como una función de la velocidad de los datos comprimidos. Una etapa de control ajusta el flujo de datos totales a través de un buffer FIFO.

## Codificador de transportación

Una imagen es dividida dentro de grupos de campos *GOP* (*Group of Picture*), los cuales son independientemente decodificados. Los *GOP* son reunidos dentro de secuencias para la transmisión. Cada secuencia tiene un encabezamiento que contiene un código de comienzo de secuencia para propósito de sincronización, la medida del campo, la relación de aspecto, la razón de bit y la medida de los pasos de recuantización usados para cada coeficiente. Esta información usa el decodificador de manera que pueda revertir el proceso en el terminal receptor.

Dentro de la secuencia, los *GOP* son los más cercanos a unidades de datos. Típicamente un *GOP* contiene 12 tramas. El encabezamiento de un *GOP* contiene un código de comienzo de grupo para sincronización y el lugar que le corresponde dentro de la secuencia. Cada trama contiene un encabezamiento en el que se expresa el código comienzo de trama, el tipo de trama "I" o "P" y el lugar dentro del *GOP* al que pertenece.

Cada trama contiene un número variable de macrobloques y además cada macrobloque lleva información del vector de movimiento y el tipo de macrobloque (I ó P).

De esta manera este sistema desarrolla un sofisticado formato para transportación de los datos digitales. El modem para FEC cumple con el mismo papel explicado para el sistema DigiCipher; es decir, minimiza los errores en el canal de transmisión, consiguiendo con esto protección contra errores que puedan sucederse en el canal.

El resultado del flujo de datos es modulado usando 16-QAM. Todos los parámetros del sistema ADTV se encuentran en la Tabla 2.13.

Parámetro	Valor
Relación de aspecto.	16 9
Número de líneas exploradas por cuadro.	1050
Cuadros por segundo.	29.97
Formato de exploración.	entrelazado
Frecuencia horizontal.	31.469 KHz
Píxeles video activos:	
- luminancia	1440 (H)x960 (V)
- crominancia	720 (H)x480 (V)
Frecuencia de muestreo.	54 MHz
Ancho de banda	
- luminancia	24.5 MHz
- crominancia	12.25 MHz
Algoritmo de compresión de video.	Codificación de movimiento compensado (DCT)
Ancho de banda de audio.	23 KHz
Frecuencia de muestreo de audio.	48 KHz
Razón de datos totales	21 Mbps

Tabla 2.13 Estándar para HDTV del sistema ADTV.

### **c) Espectro Digital Compatible HDTV (*Digital Spectrum Compatible DSC - HDTV de Zenith Electronics y AT&T*)**

Las señales de video HDTV son proyectadas en 787.5 líneas por trama, 59.94 tramas por segundo; por lo tanto, 1575 líneas son exploradas cada 1/29.97 de segundo. Explorando progresivamente al triple de la frecuencia de línea de NTSC de 15.734 KHz; es decir, 47.202 KHz; tal razón de exploración hace posible una conversión simple al formato NTSC establecido de 525 líneas entrelazadas y 59.94 Hz. La frecuencia de muestreo es de 75.3 MHz, resultando 1280(H) x 720(V) pixels activos para luminancia; la señal de color se muestrea a la mitad de la frecuencia de la luminancia con lo cual se obtiene 640(H) x 360(V) pixels activos por trama, estas señales son limitadas en ancho de banda a 34 y 17 MHz, respectivamente.

Zenith con su sistema de 787.5 líneas, con el sistema de exploración progresiva, afirma que produce mejor resolución que

otros sistemas en competición.

A diferencia de los sistemas de exploración progresiva, en sistemas de exploración entrelazada, la mitad de la información de una imagen es transmitida en  $1/60$  de segundo, el resto de la información es entrelazada en el siguiente  $1/60$  de segundo. De este modo  $1/30$  de segundo se requiere para presentar un cuadro completo. Los sistemas entrelazados son propensos a degradación de la imagen tales como: nublamiento y parpadeo sobre líneas horizontales.

Zenith aprovecha las ventajas de la exploración progresiva, el sistema progresivo (ó secuencial), transmite una imagen completa cada  $1/60$  de segundo. Esto mejora la resolución y elimina el parpadeo del barrido horizontal y la desorganización física de la imagen (*artifacts*) del sistema entrelazado. La desventaja de la exploración progresiva, es el incremento del ancho de banda requerido (en la exploración progresiva se requiere el doble del ancho de banda en relación a un sistema entrelazado con el mismo número de líneas).

El formato de la señal es 4:2:2, con 8 bits por muestra para la señal de luminancia se obtiene 600 Mbps. Si a esto se añade la información de crominancia se tendrá 1.2 Gbps. La compresión reduce la velocidad de video aproximadamente a 17.2 Mbps y el total de bits transmitidos es 21.52 Mbps [6], porque se añade la información de audio, texto, FEC, criptografía, e información adicional.

El esquema de modulación que emplea el sistema DSC es 4-VBS (*Vestigial Side Band*); es decir, modulación de banda lateral vestigial a 4 niveles, con una eficiencia de 2 bits por nivel. En el espectro de la señal DSC que se muestra en la Fig. 2-18 se observa que la portadora suprimida se localiza cerca de la parte más baja dentro del canal de 6 MHz.

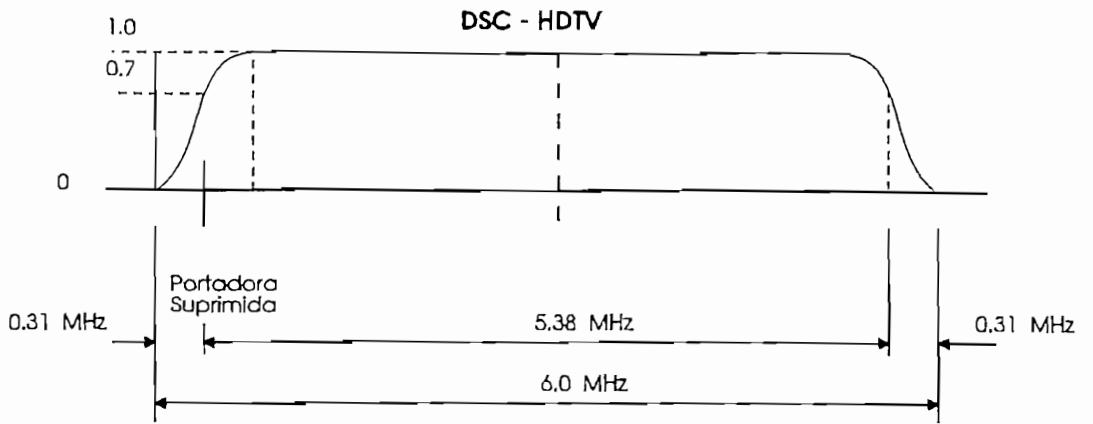


Fig 2-18 Espectro de frecuencia del sistema DSC.

### Esquema de Compresión

El sistema DSC-HDTV utiliza el mismo esquema de compresión que para el sistema DigiCipher. Las señales de luminancia y crominancia son codificadas separadamente. Cada una de las señales diferencia de color tienen la mitad de la resolución espacial que las señales de luminancia, en ambas direcciones horizontal y vertical (formato 4:2:0; es decir, por cada cuatro muestras de la señal de luminancia existe una muestra de cada señal de color). Un diagrama de bloques general del sistema DSC se encuentra en la Fig. 2-19.

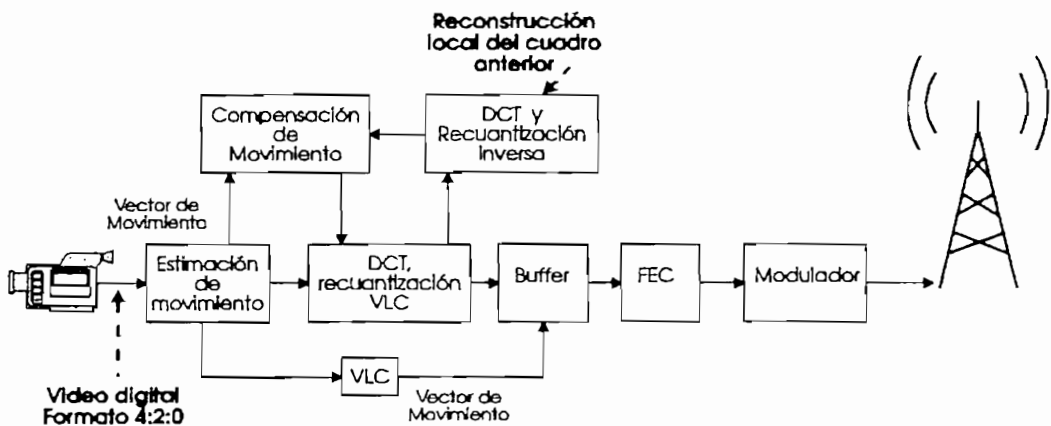


Fig 2-19 Codificador de video para el sistema DSC.

La redundancia espacial y temporal son explotadas usando la técnica de codificación por transformación compensada de movimiento (*motion compensated transform coding*). La estimación y compensación de movimiento elimina la redundancia temporal; mientras que la redundancia espacial es eliminada por la

transformación de frecuencia, la cual usa la codificación por transformada de coseno discreto (DCT).

La estimación de movimiento toma lugar sobre bloques básicos, se obtiene luego el vector de movimiento que se asocia a cada bloque de pixels, con la compensación de movimiento y luego de un proceso se obtiene el error de la predicción eliminándose la redundancia temporal. Una vez eliminada la redundancia temporal, el siguiente paso es eliminar la redundancia espacial para lo cual se emplea la transformada de coseno discreto (DCT) y la recuantización; el flujo de datos es codificado mediante el código Huffman de longitud variable, que asigna palabras código cortas a los valores de datos más frecuentes y palabras código más largas a las demás. Finalmente se utiliza un buffer FIFO para mantener constante la velocidad del tren de bits resultante. Todo este proceso de compresión es idéntico al utilizado por el sistema DigiCipher.

El formato para transmitir el video codificado de los datos se muestra en la Fig. 2-20, y es similar a la estructura de un cuadro del sistema NTSC.

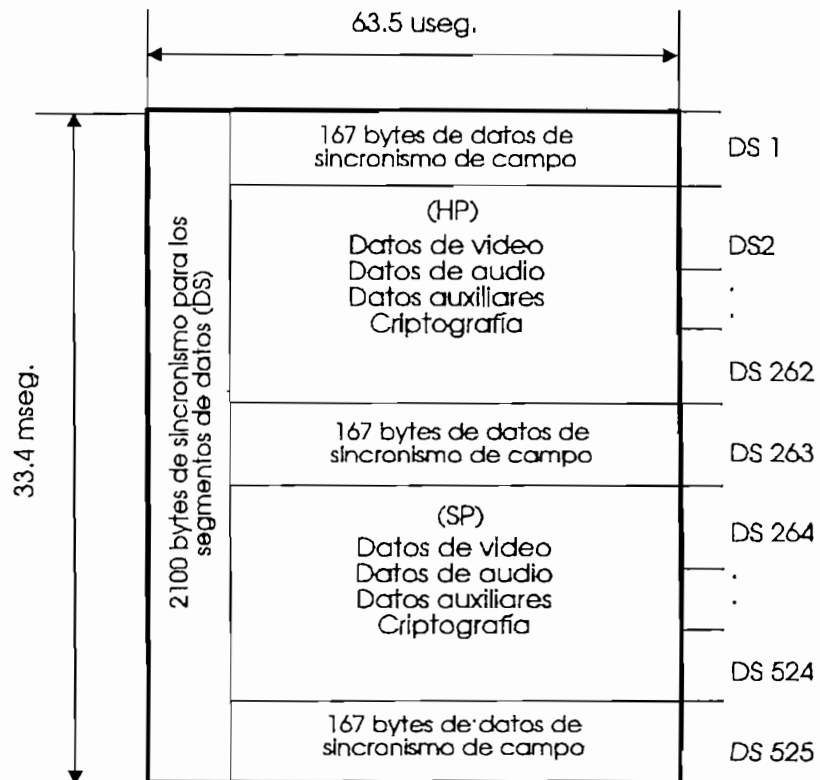


Fig 2-20 Formato de la estructura de trama del sistema DSC-HDTV.

El campo de datos está formado dentro de dos trenes; el uno que contiene los datos de alta prioridad (HP) que es radiado a más alta potencia, dando una señal de recepción más fuerte que tiene 7 dB de ventaja en el umbral de CNR sobre el segundo tren de datos que es de baja prioridad (SP) [9]. Esta técnica es similar a la empleada por el sistema HDTV anterior.

Cada uno de los dos trenes de datos dentro de cada imagen completa, comienza con una trama de datos para sincronización en el receptor, esta trama de datos de sincronismo contiene 167 bytes de datos.

En forma general todos los parámetros del sistema progresivo DSC se encuentran en la Tabla 2.14.

Parámetro	Valor
Relación de aspecto.	16/9
Número de líneas exploradas por cuadro.	787.5
Cuadros por segundo.	59.94
Formato de exploración.	progresivo
Frecuencia horizontal.	47.202 KHz
Píxeles video activos:	
- luminancia	1280 (H) x 720 (V)
- crominancia	640 (H) x 360 (V)
Frecuencia de muestreo.	75.3 MHz
Ancho de banda	
- luminancia	34 MHz
- crominancia	17 MHz
Algoritmo de compresión de video.	Codificación de transformación compensada de movimiento. (DCT)
Ancho de banda de audio.	20 KHz
Frecuencia de muestreo de audio	47.203 KHz
Razón de datos totales.	21 Mbps

Tabla 2.14 Estándar para HDTV del sistema DSC.



## 2.3 Requerimientos de ancho de banda

En el sistema de televisión de alta definición, varios son los parámetros que se han modificado, con la finalidad de obtener una mejor calidad de video, produciendo una sensación de realidad en una pantalla más ancha y con mejor resolución. Todo esto implica un aumento en ancho de banda de la señal de televisión. Sin embargo, por razones de compatibilidad con el sistema convencional esto no es conveniente, dado que la señal debe ajustarse a un canal estándar de televisión de 6 MHz.

### 2.3.1 Determinación del ancho de banda

Los cuatro factores importantes que determinan el ancho de banda en una transmisión de video son:

- Relación de aspecto de la película.
- Método de exploración: entrelazado ó progresivo.
- Velocidad de exploración del cuadro.
- Número de líneas exploradas en cada cuadro.

El cálculo del ancho de banda de la señal de luminancia para un sistema de televisión de alta definición es aproximado, ya que la señal de video tiene que incorporar señales de sincronismo que aumenta el ancho de banda; de esta manera se tiene:

- a) Sistema con barrido entrelazado, 1050 líneas exploradas por cuadro y 29.97 cuadros por segundo.

En la obtención del número total de pixels o puntos visibles que se pueden distinguir claramente en una línea de longitud igual a la altura de la pantalla ( $n_1$ ), se debe tomar en cuenta que el poder resolutivo del ojo humano es menor en el sentido horizontal que en el vertical en un 30%

aproximadamente (valor obtenido experimentalmente) [10].

$$n_1 = 1050 * 0.7 \approx 735$$

El total de pixels que existe en la pantalla ( $n_2$ ) es el resultado de multiplicar el número de líneas, el número de pixels horizontales y la relación de aspecto, ya que el número de pixels aumenta en esta proporción (16/9):

$$n_2 = 1050 * 735 * 16 / 9 \approx 1370000$$

Debido a la separación que existe, entre pixels adyacentes y de línea a línea y a la luminosidad del punto, se introduce un factor de corrección de aproximadamente 0.64 (factor de Kell, obtenido en mediciones experimentales) [10]. Por otra parte, la existencia de imágenes en movimiento también provoca pérdida de la resolución debido al entrelazado de líneas lo que supone aproximadamente una pérdida del 50% incluyendo el factor de Kell (factor de entrelazado = 0.8, valor experimental) [4], entonces el valor de  $n_2$  cambia a:

$$n_2 = 1370000 * 0.64 * 0.8 \approx 702000$$

Estos pixels se analizan 29.97 veces por segundo. El ancho de banda (AB) de un sistema entrelazado será por lo tanto:

$$AB = 702000 \text{ pixels/cuadro} * 29.97 \text{ cuadros/segundo}$$

$$AB \approx 21 \text{ MHz}$$

- b) Sistema con barrido progresivo, 787.5 líneas exploradas por cuadro y 59.94 cuadros por segundo.

Si el mismo análisis anterior se realiza para el sistema con exploración progresiva se obtienen los siguientes resultados:

$$n_1 = 787.5 * 0.7 \approx 550$$

El factor de entrelazado para sistemas de televisión de

alta definición con exploración progresiva no se toma en cuenta, entonces el valor de  $n_2$  cambia a

$$n_2 = 787.5 * 550 * 16 / 9 * 0.64 \approx 493000$$

$$AB = 493000 \text{ pixels/cuadro} * 59.94 \text{ cuadros/segundo}$$

$$AB \approx 30 \text{ MHz}$$

Un factor crítico para el incremento del ancho de banda en señales de televisión es el aumento en el número de líneas exploradas ( $N$ ) por trama, debido a que el ancho de banda es proporcional al cuadrado del número de líneas; esto es, al duplicarse  $N$  el ancho de banda se cuadruplica.

El ancho de banda requerido para televisión de alta definición es casi cinco veces el ancho de banda ocupado por un único canal NTSC para luminancia; las componentes de color van separadas y multiplexadas en el tiempo y tienen igual ancho de banda que la señal de luminancia sin procesar y sin comprimir, lo que supone que el ancho de banda total es la suma de los correspondientes a cada uno de ellos. Obviamente no puede ser acomodado dentro de los 6 MHz normalizados, entonces es necesaria la utilización de sofisticadas técnicas de compresión de señales de video.

### **2.3.2 Determinación de la razón de bits y la necesidad de compresión en Transmisión Terrestre HDTV**

La necesidad de mantener la compatibilidad del nuevo sistema de televisión HDTV digital con los ya existentes hace necesario ajustar el ancho de banda dentro de los mismos 6 MHz, que son usados para servicios de televisión actuales. Esto da lugar a severos métodos de compresión sobre los datos disponibles que pueden ser llevados a través de esos canales.

La velocidad máxima (razón de bits) que puede ser llevada en un canal de transmisión es una función del ancho de banda del canal y de la relación señal a ruido. Hace 50 años, Claude

Shannon presentó su famoso teorema sobre la capacidad del canal:

$$C = AB * \log_2 (1 + S/N) \quad \text{bits/segundo} \quad \text{Ec. [2.1]}$$

donde:

AB = ancho de banda de la señal

S/N = relación señal/ruido

Esto muestra que para cualquier ancho de banda, una velocidad alta es posible siempre que se disponga de una alta relación señal-ruido. Entonces la capacidad máxima del canal se puede lograr con una baja relación de error, codificando la señal previamente para la transmisión.

Cualquier exceso en la capacidad máxima resulta en un incremento rápido en la razón de error. De este modo, el diseño de un codificador eficiente es fundamental para lograr una velocidad aproximada a los límites de Shannon.

Si el ancho de banda se define en 6 MHz, se tiene que para transmisiones prácticas la velocidad máxima está en el orden de 20 Mbps usando métodos de modulación comunes (por ejemplo modulación 16-QAM) [7]. Para servicio HDTV digital, esta velocidad debe incluir video, audio, servicio de datos auxiliares y corrección de error.

Tomando en cuenta los requerimientos de datos sin procesar y sin comprimir para la señal de luminancia del sistema HDTV; se considera un ancho de banda de 21 MHz para un sistema de exploración entrelazada y de 30 MHz para un sistema de exploración progresiva, y la mitad del ancho de banda para cada componente de color.

Para satisfacer el criterio de muestreo de Nyquist, las señales de luminancia y crominancia pueden ser muestreadas a una frecuencia equivalente a dos veces el ancho de banda de la señal en banda base, para mantener la información sin aliasing. Una frecuencia de muestreo mínima es aproximadamente de 54 MHz para luminancia y 27 MHz para crominancia en sistemas entrelazados y de 75 MHz para luminancia y 37.5 MHz para crominancia en sistemas progresivos [7]. En general, los sistemas HDTV utilizan frecuencias de muestreo elevadas pero que están en proporción con los anchos de banda manejados por el sistema.

Si ocho bits se usan para representar cada muestra de luminancia y las dos señales de crominancia, la velocidad binaria será de:

a) Para el sistema entrelazado

$$54 * 10^6 * 8 + 27 * 10^6 * 8 + 27 * 10^6 * 8 = 864 \text{ Mbps}$$

b) Para el sistema progresivo

$$75 * 10^6 * 8 + 37.5 * 10^6 * 8 + 37.5 * 10^6 * 8 = 1200 \text{ Mbps}$$

De los 20 Mbps que se emplean para transmisiones prácticas, aproximadamente 14 Mbps se utiliza solo para video [7]; lo cual implica una compresión de datos, aproximadamente para: a) 62 a 1 y b) 86 a 1. Claramente se observa que representa un gran desafío para las tecnologías de compresión de video en la transmisión de señales HDTV digitales dentro de un canal de 6 MHz.

## 2.4 Compresión y Descompresión de video

El explosivo desarrollo en aplicaciones de video digital tiene lugar recientemente. En el mundo NTSC el video digital es común en grabadoras de video y equipo gráfico. Las técnicas de procesamiento están más avanzadas al igual que el incremento en velocidades de procesamiento, la aplicación de tecnología digital para HDTV está de igual modo acelerándose. Sin embargo, los requerimientos de ancho de banda para HDTV son excesivos, respecto al disponible para transmisión.

La Modulación por código de Pulsos (PCM) para televisión de alta definición requiere cerca de cinco veces la velocidad de datos con respecto de los sistemas de televisión de definición estándar; por lo tanto, el uso de compresión es necesario para entregar la señal a los televidentes.

Los fundamentos de compresión de video no son nuevos, pero debido a la complejidad y velocidad del procesamiento requerido no se han aplicado, y es en esta última década con el desarrollo de la tecnología que se tiene disponibilidad del equipo apropiado para este procesamiento.

Para la compresión se aprovecha la redundancia que contiene el video; las imágenes típicas tienen áreas en las cuales muchos pixels toman valores similares. La información en video que no es pronosticable ó que es la nueva parte de la señal se le conoce como entropía (*entropy*), esta señal será la transmitida; el resto de la información en video es la redundancia, debido a que no añade nada a la información transmitida y es totalmente pronosticable.

En teoría, toda la redundancia debería ser removida, quedando solamente la entropía, pero esto requerirá un perfecto algoritmo de compresión (ideal), el cual es irrealizable. En la práctica el factor de compresión que se puede obtener es menor al que se obtendría utilizando el algoritmo idealizado; entonces se puede usar un algoritmo más simple.

Todos los esquemas de compresión se basan en la explotación de una de las siguientes características de las imágenes de video.

- Hay una gran correlación espacial y temporal entre pixels adyacentes en espacio y tiempo. Sin embargo, los continuos movimientos incluyen una significativa cantidad de redundancia o información pronosticable en la imagen de video explorada, y se puede lograr una reducción de datos, sin tener pérdida de la calidad.
- El sistema visual humano es limitado en sus capacidades perceptuales. La mayor parte de la capacidad de transmisión disponible es utilizada estrictamente para la información de importancia perceptual, una determinada cantidad de datos se puede lograr sin pérdida de calidad.

Las señales de video pueden manejarse en cuatro dimensiones: la magnitud de la muestra, los ejes espaciales horizontal y vertical y el eje del tiempo. La compresión puede ser aplicada en cualquiera o en todas estas cuatro dimensiones.

La compresión de video generalmente se divide dentro de dos categorías básicas:

- Cuando las imágenes individuales se comprimen sin referencia a otra imagen, el eje del tiempo no entra en el proceso, lo cual es descrito como compresión *intra-codificado* (*intra=dentro*), el proceso de intra-codificación trata a cada cuadro independientemente, utiliza ciertas técnicas desarrolladas para la compresión de imágenes sin movimiento (Transformada de Coseno Discreto DCT).
- Factores de compresión mayores se pueden obtener tomando en consideración la redundancia desde un cuadro al siguiente. Esto involucra al eje del tiempo y el proceso es conocido como compresión *inter-codificado* (*inter=entre*). El estándar de compresión MPEG está en esta categoría.

## a) Compresión Intra-codificado

Intra-codificación trabaja en las tres dimensiones: sobre los ejes espaciales horizontal y vertical y las magnitudes de las muestras. Análisis de imágenes de televisión típicas revelan que existe contenido de alta frecuencia debido a áreas detalladas de la imagen, pero existe una pequeña cantidad de energía a tales frecuencias.

A menudo las imágenes contienen considerables áreas en las cuales existen valores de pixels iguales o similares, esto tiene lugar a frecuencias espaciales bajas. El brillo promedio de la imagen resulta en una componente de frecuencia cero. Las componentes de alta frecuencia a menudo se las descarta porque no contribuyen con la información más importante para la imagen. La transformada de coseno discreto DCT es un camino por el cual imágenes en dos dimensiones son descritas en el dominio de la frecuencia.

De este modo no es la DCT la que comprime los datos, es el proceso siguiente (la recuantización). DCT simplemente expresa el dato en una forma que hace al proceso siguiente más fácil. Los coeficientes DCT son luego sujetos a recuantización, en donde los coeficientes de frecuencia son individualmente cuantizados con medidas de intervalos de cuantización los cuales se incrementan con la frecuencia.

La información de las señales se usa para encontrar la probabilidad del valor de un coeficiente dado, esta es la base de la codificación de longitud variable (Código Huffman), en el cual los coeficientes son descritos no por números fijos, sino por códigos de longitudes variables. Los códigos más cortos son asignados a los valores más probables y códigos más largos a valores menos probables, esto permite mayor ganancia de codificación de señales típicas.



## b) Compresión Inter-codificado

La Inter-codificación aprovecha la semejanza entre cuadros sucesivos en imágenes reales. En lugar de enviar la información de cada cuadro separadamente, los inter-codificadores envían la diferencia entre el cuadro anterior y el actual, la Fig. 2-21a muestra este principio; para esto se requiere almacenar un cuadro en el codificador para permitir la comparación entre cuadros sucesivos y un almacenamiento similar se requiere en el decodificador. Los datos obtenidos de la comparación son transmitidos como una imagen y sometidos a la misma forma de compresión basada en la DCT.

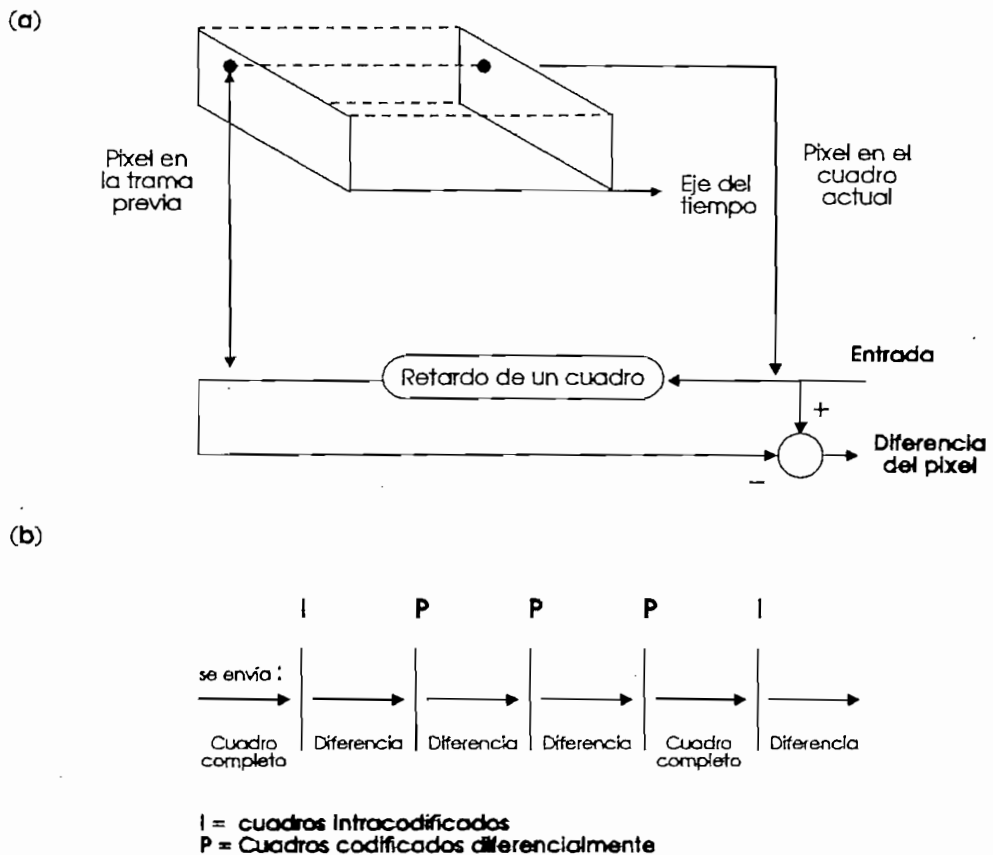


Fig 2-21 a) El sistema Inter-codificado usa un retardo para calcular la diferencia de pixels entre cuadros sucesivos, y b) Esquema de transmisión de datos del estándar de compresión MPEG.

En el estándar de compresión MPEG periódicamente son transmitidos algunos datos de imágenes completas en lugar de los datos de la diferencia. La Fig. 2-21b muestra los datos de

cuadros completos conocidos como "I" ó intra-cuadros, estos son alternados con cuadros que han sido creados usando los datos de la comparación, conocidos como "P" o cuadros predichos.

Los cuadros "I" requieren una gran cantidad de datos mientras que los cuadros "P" requieren menos datos. Es ventajoso desde el punto de vista de compresión que un número considerable de cuadros "P" estén presentes entre cuadros "I".

En el caso de objetos en movimiento, aunque su apariencia no puede cambiar mayormente de cuadro a cuadro, es una gran ventaja si se aparta el efecto del movimiento a fin de poder reflejar solamente los cambios en la apariencia de un objeto en movimiento. De esta forma se puede obtener una mayor ganancia de codificación. Este es el objetivo del método de estimación de movimiento.

#### **2.4.1 Estimación y Compensación de movimiento**

Varias secuencias de imágenes de video típicas son muy similares; es decir, existe una alta correlación temporal. Con el movimiento de elementos en la escena o durante cambios de escenas, estas correlaciones de cuadro a cuadro decrecen. Sin embargo, debido a la naturaleza continua del movimiento de objetos reales en el mundo práctico, se pueden usar técnicas de estimación (predicción) para el movimiento de objetos. Los esquemas de compensación de movimiento cubren totalmente un amplio rango de complejidad y representan una área común de intenso estudio.

La estimación de movimiento es un proceso por el cual efectivamente se mide el movimiento de objetos desde un cuadro al siguiente. La Fig. 2-22 muestra que un cuadro en movimiento puede ser expresado en un espacio tridimensional, lo cual da como resultado que el área de la pantalla se está moviendo a lo largo del eje del tiempo. En el caso de objetos sin movimiento, el análisis es solamente a lo largo del eje del tiempo. Sin embargo cuando un objeto se mueve, se crea un nuevo eje llamado

eje óptico, el cual no es paralelo al eje del tiempo. El eje óptico une el mismo punto de un objeto en movimiento tomando varias posiciones en la pantalla.

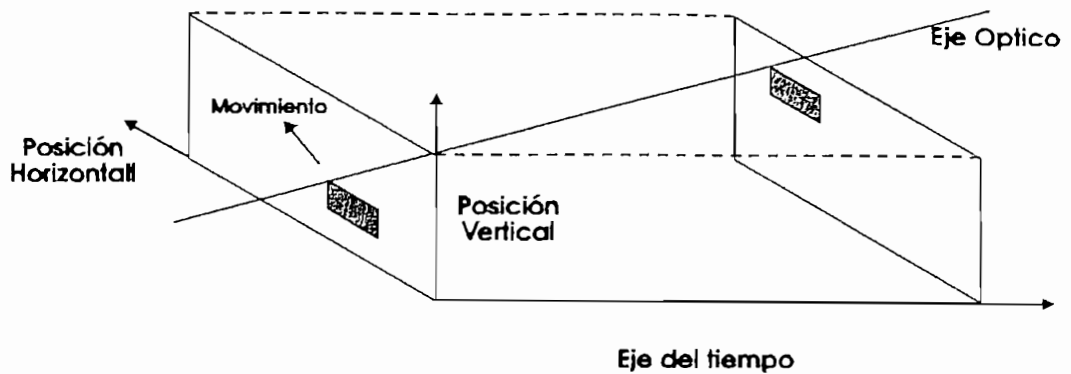


Fig 2-22 Movimiento de objetos en un espacio tridimensional a lo largo del eje óptico, el cual es solamente paralelo al eje del tiempo si no existe movimiento.

En la estimación de movimiento, en una área determinada de la imagen (bloque DCT) se selecciona una área de investigación de donde se escoje un bloque de pixels y se almacena como referencia. Si el bloque almacenado es parte de un objeto en movimiento, un bloque similar existirá en la siguiente imagen, pero no en el mismo lugar. En la Fig. 2-23, se muestra que el bloque de referencia se mueve sobre los alrededores de la segunda imagen buscando valores de pixels iguales. Cuando una combinación se establece, el desplazamiento se usa como una base para encontrar un vector de movimiento. Este proceso se repite tomando varios bloques de referencia dentro de la misma área de la imagen para obtener el vector de movimiento correcto.

Los bloques de referencia requieren una enorme cantidad de cálculos, porque cada posible movimiento puede ser probado sobre el rango de movimiento asumido. De este modo si se asume que el objeto tiene movimiento sobre un rango de 16 pixels, es necesario probar 16 diferentes desplazamientos en cada 16 posiciones verticales. En cada posición todo pixel en el bloque de referencia es comparado con todo pixel en la segunda imagen.

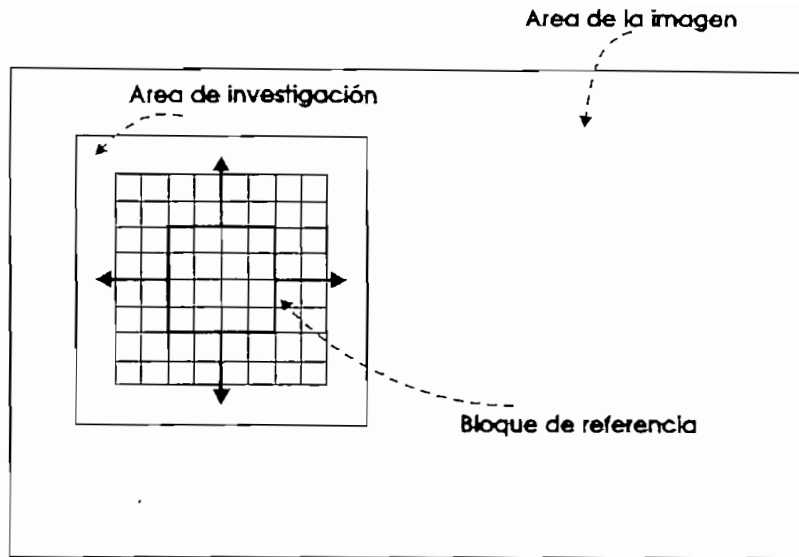


Fig 2-23 El bloque de referencia tiene que ser posicionado en todos los posibles movimientos relativos dentro del área de investigación.

Es claro que el valor del dato que representa un objeto en movimiento cambia con respecto al eje del tiempo. Sin embargo, al mirar a lo largo del eje óptico la apariencia de un objeto solamente cambia si se deforma o rota, pero para movimiento de traslación simple los datos que representan un objeto son altamente redundantes. De este modo si se localiza el eje óptico, se puede obtener una mayor ganancia de codificación.

La Fig. 2-24 muestra un camino en el cual este concepto puede ser visualizado. Un retardo permite a dos cuadros sucesivos ser comparados en una estimación de movimiento, en donde el movimiento de la imagen es cancelado porque la comparación se realiza a lo largo del eje del movimiento (eje óptico) antes que del eje del tiempo. Factores de reducción mayores son posibles porque es necesario enviar solamente los parámetros de movimiento y un número pequeño de diferencias de la imagen en cuestión. Los vectores de movimiento son parámetros de dos dimensiones, estos describen la distancia y dirección por las cuales ciertas partes de la imagen se mueven entre cuadros. Si dos cuadros son superpuestos se verá solamente la redundancia y semejanza.



Fig 2-24 La compensación de movimiento cambia un cuadro de acuerdo al vector de movimiento, cancela el movimiento y revela semejanzas desde un cuadro al siguiente.

Un codificador de estimación y compensación de movimiento trabaja como se muestra en la Fig. 2-25: Un cuadro "I" es enviado, pero también se lo almacena localmente, de manera que pueda ser comparado con el siguiente cuadro de entrada, para encontrar el vector de movimiento. Para predecir, el codificador hace una suposición de la trama actual usando información desde un cuadro "I" anterior, de acuerdo a los vectores de movimiento se cancela el movimiento interno del cuadro, y se compara con el siguiente cuadro para producir el error de la predicción (parte de la imagen que no ha sido pronosticada), que es la diferencia entre los valores actual y predicho (cuadros "P").

Claramente los datos del error de la predicción pueden ser tratados como cuadros y ser sujetos a técnicas adicionales de compresión basadas en la transformada DCT.

En la Fig. 2-25 se observa que el error de la predicción y el vector de movimiento son transmitidos. En el receptor, el decodificador tiene también que fabricar el mismo valor predicho; esto es, el cuadro "I" que está también retenido en memoria, cambia de acuerdo al vector de movimiento transmitido y luego el error de la predicción se añade para crear la imagen real.

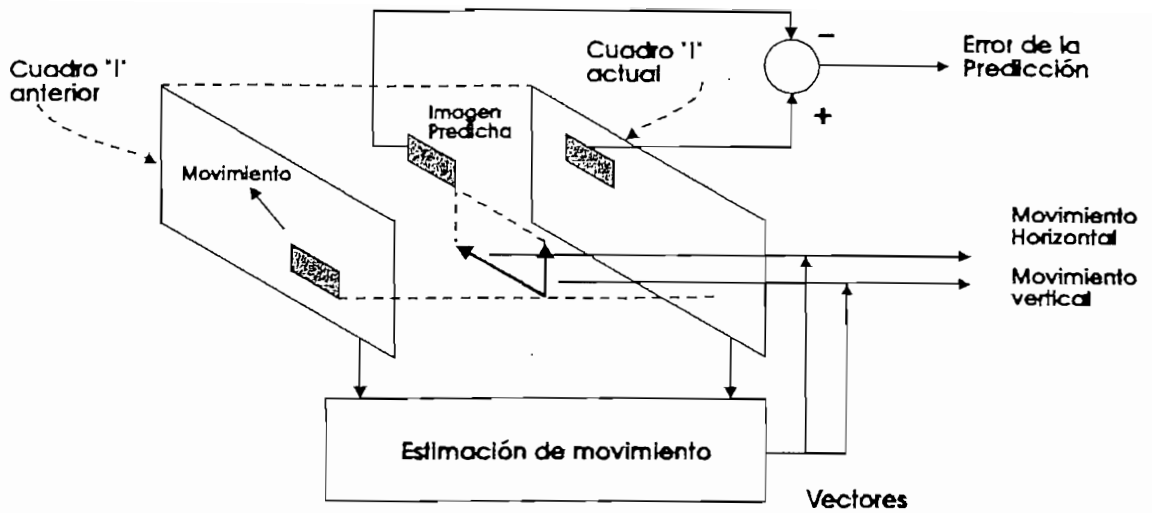


Fig 2-25 Sistema de compresión compensada de movimiento. El codificador calcula el vector de movimiento, el cual es transmitido y además usado localmente para crear el cuadro predicho. La diferencia entre el cuadro predicho y el cuadro actual es también transmitido.

## 2.4.2 Transformada de Coseno Discreto (*Discrete Cosine Transform DCT*)

Con el muestreo, las señales de video llegan a ser series en el tiempo de arreglos de datos en dos dimensiones. La DCT es un proceso matemático (no es, en sí misma compresiva o reductiva del número de componentes de una imagen) que toma las señales en banda base HDTV digitales y las convierte desde el dominio del tiempo al dominio de la frecuencia.

Con el video, la DCT, actúa sobre bloques de  $N \times N$  pixels que representan los niveles de intensidad lumínica y cromínica de un número determinado de elementos en cada porción de imagen (Fig. 2-26). La transformación convierte cada bloque en un arreglo de un mismo número de datos, que representan las amplitudes de los coeficientes de frecuencia obtenidas del bloque original, y concentra la energía de video (primeramente componentes de baja frecuencia de video a las cuales el ojo humano es más sensitivo) dentro de pocos coeficientes. La mayor parte de los componentes de alta frecuencia de video son

representados como coeficientes con un valor cero o cercano a cero.

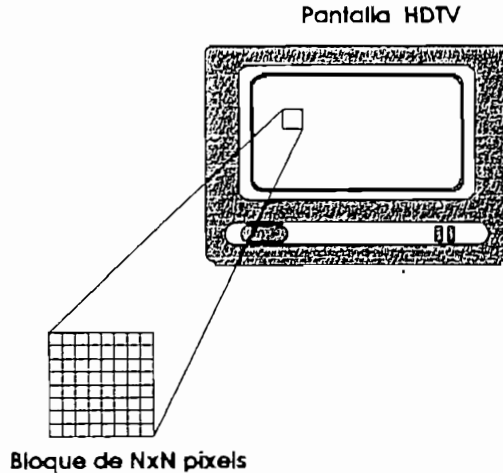


Fig 2-26 Señal HDTV dividida en bloques de NxN pixels..

Cuando varias imágenes de televisión son analizadas y divididas dentro de bloques de NxN pixels, a menudo se encuentra que contienen muy poca información de alta frecuencia dentro de cada bloque. Algunas veces los valores bajos (que representan a las componentes de alta frecuencia), son redondeados o ignorados, porque su contribución a la fidelidad de la imagen es baja.

Los bloques de pixels son procesados en orden y sometidos al proceso de la DCT, hasta que se complete la transformación de todo el cuadro.

El algoritmo de la DCT se define de la siguiente forma: Si  $X_{(i,j)}$  representa la amplitud del pixel en la fila  $i$  y la columna  $j$ , y  $Z_{(k,l)}$  representa el valor de cada coeficiente transformado, entonces las ecuaciones DCT para el proceso directo Ec. [2.2] e inverso Ec. [2.3] son [7]:

$$Z_{(k,l)} = \frac{4 C_{(k)} C_{(l)}}{2 N} \sum_{i=0}^{N-1} \sum_{j=0}^{N-1} X_{(i,j)} \cos \frac{\pi (2i+1)k}{2 N} \cos \frac{\pi (2j+1)l}{2 N} \quad \text{Ec. [2.2]}$$

$$X_{(i,j)} = \sum_{k=0}^{N-1} \sum_{l=0}^{N-1} C_{(k)} C_{(l)} Z_{(k,l)} \cos \frac{\pi (2i+1)k}{2N} \cos \frac{\pi (2j+1)l}{2N} \quad \text{Ec. [2.3]}$$

donde:

- N es la dimensión horizontal y vertical del bloque
- $C_{(k)} C_{(l)} = 1$  para  $k$  o  $l = 1, 2, 3, \dots, N-1$
- $C_{(k)} C_{(l)} = 1/2^{1/2}$  para  $k$  o  $l = 0$

La transformada involucra una suma de términos multiplicativos  $i \times j$ , una medida de bloques más largos aumenta la complejidad computacional del algoritmo. Una medida de bloque de  $8 \times 8$  se usa en aplicaciones DCT como una mejora en eficiencia y complejidad (Fig.2-27), entonces para  $N = 8$  la ecuación de la DCT será:

$$Z_{(k,l)} = \frac{C_{(k)} C_{(l)}}{4} \sum_{i=0}^{7} \sum_{j=0}^{7} X_{(i,j)} \cos \frac{\pi (2i+1)k}{16} \cos \frac{\pi (2j+1)l}{16} \quad \text{Ec. [2.4]}$$

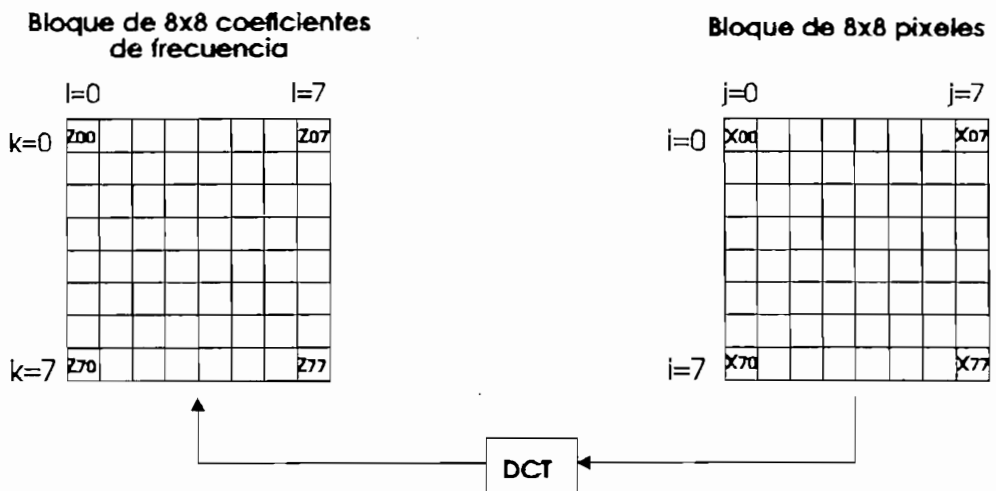


Fig 2-27 Representación esquemática de la DCT.

La DCT no ejecuta la función de compresión, los coeficientes transformados requieren la misma capacidad de transmisión de datos como la señal sin transformar. El receptor tiene que ejecutar la operación transformada inversa para



reconstruir la señal. Sin embargo la DCT permite la separación de la información más importante de la menos importante en la imagen. Para imágenes típicas, la mayor parte de energía de señal importante está concentrada en un pequeño número de los coeficientes transformados. La componente DC y coeficientes de frecuencia espacial baja son usualmente los más importantes para una reconstrucción satisfactoria de la imagen.

En la Fig 2-28 se observa un ejemplo explicativo (no son valores reales) de un bloque de 64 pixels al cual se aplica DCT. Debido a que no existe variaciones en los valores de brillo de izquierda a derecha en el bloque de pixels original, no hay términos de frecuencia horizontal. Los valores solamente son el nivel de DC y términos de frecuencia vertical, los cuales son producidos porque existe cambios de valores en la dimensión vertical de la imagen original.

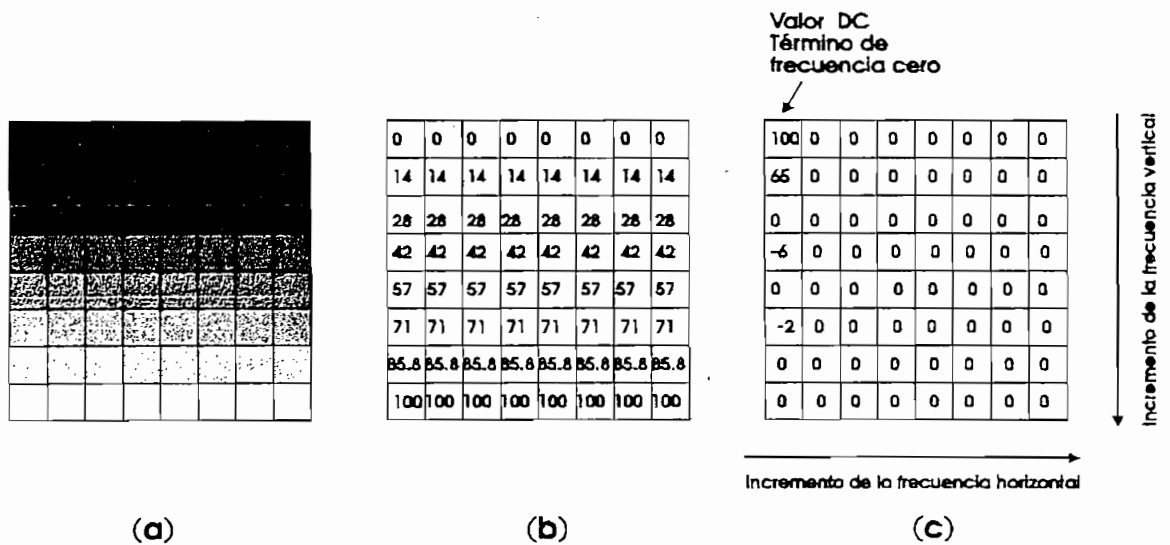


Fig 2-28 a) Representa una pequeña porción matizada de una imagen HDTV, b) Indica los valores de brillo de esta área, y c) Bloque generado en el proceso DCT que consiste de los coeficientes de las componentes de frecuencia.

La componente DC, la cual define el nivel de gris de todo el bloque imagen, está en el lado superior izquierdo del bloque. Los valores de frecuencia que crecen en el sentido horizontal están ordenados de izquierda a derecha en el arreglo transformado (Fig 2-28c); y en el sentido vertical la

frecuencia se incrementa desde la parte superior hasta la inferior.

En un esquema de procesamiento de imagen común, los coeficientes de frecuencia en un arreglo transformado son leídos serialmente en forma de zig-zag (Fig. 2-29). Así siguiendo el término DC, el segundo coeficiente da la amplitud de la frecuencia más baja en la dimensión horizontal del arreglo. El siguiente valor representa la amplitud de la frecuencia más baja en la dimensión vertical, y así sucesivamente. El valor final, el coeficiente 64<sup>avo</sup>, indica la amplitud de la frecuencia más alta tanto en dirección horizontal como vertical.

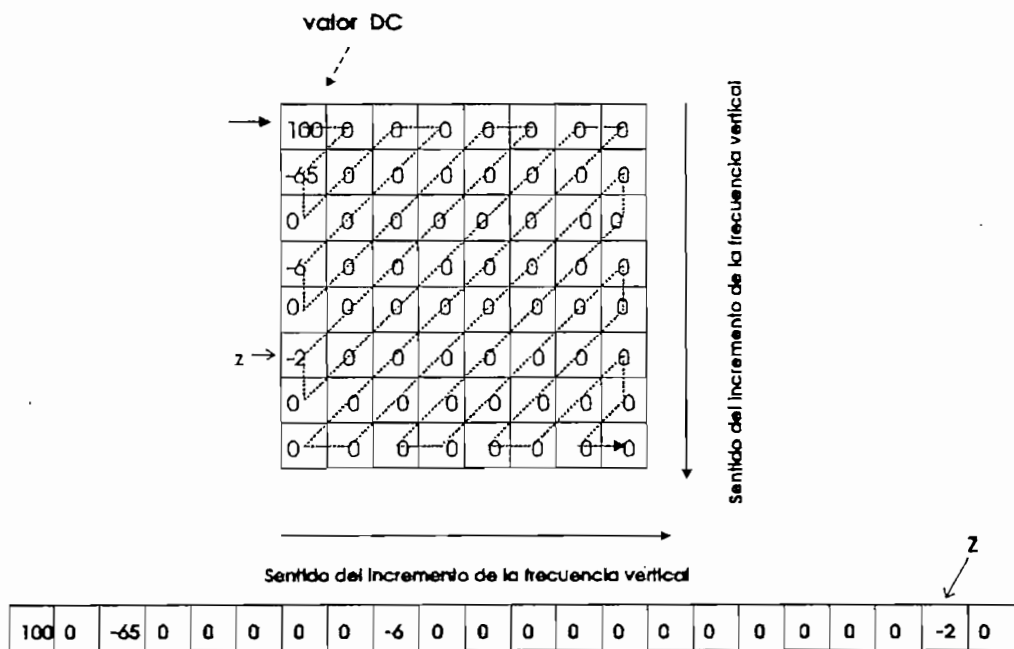


Fig 2-29 Lectura en forma de zig-zag de un bloque de 8x8 pixels.

Dependiendo del número total de pixels en una imagen, un bloque de 64 pixels cubre un área aproximada de 1/20000 del cuadro completo. Para muchos cuadros de televisión un gran número de pixels individuales en un bloque es de similares o de iguales valores de brillo y de crominancia; por lo tanto, existe un alto grado de correlación horizontal y vertical

(redundancia) entre pixels adyacentes. Por ejemplo, en imágenes que contienen el rostro humano, ropa, o escenas exteriores, muchos bloques transformados están descritos únicamente por el nivel DC.

Otros bloques contienen muchos coeficientes de baja frecuencia y pocos coeficientes de alta frecuencia y magnitud baja. Los términos de alta frecuencia y alta magnitud ocurren solamente donde hay marcados y súbitos cambios en la intensidad de la imagen televisada. En un cuadro típico de televisión el número de áreas en la imagen que contienen esa clase de transiciones es pequeña. Entonces el número de bits de datos requerido para definir bloques semejantes es inferior en el dominio de la frecuencia que en el dominio espacial.

La DCT logra una significativa reducción en el requerimiento de datos, y es en los procesos siguientes donde el número de términos y la cantidad de datos necesarios para definir la imagen son reducidos.

### **2.4.3 Recuantización**

En sistemas de compresión la meta es lograr una buena ganancia de codificación con muy pocos bits, para representar la misma información. Las técnicas de transformación no logran una ganancia de codificación. Su trabajo es expresar la información en una forma en la cual la redundancia pueda ser identificada.

Entonces la razón para realizar DCT es clara porque en la mayoría de señales reales la amplitud de los coeficientes de frecuencias altas son considerablemente menores que la amplitud de los coeficientes de frecuencias bajas.

En el proceso de recuantización los coeficientes de frecuencia son individualmente cuantizados con medidas de intervalos de cuantización los cuales se incrementan con la frecuencia como se puede apreciar en la Fig. 2-30. Las medidas de pasos más grandes incrementan el ruido de cuantización, pero

es organizado de tal forma que sea generado en frecuencias altas donde este ruido es menos visible o sobre valores de señal los cuales ocurren rara vez.

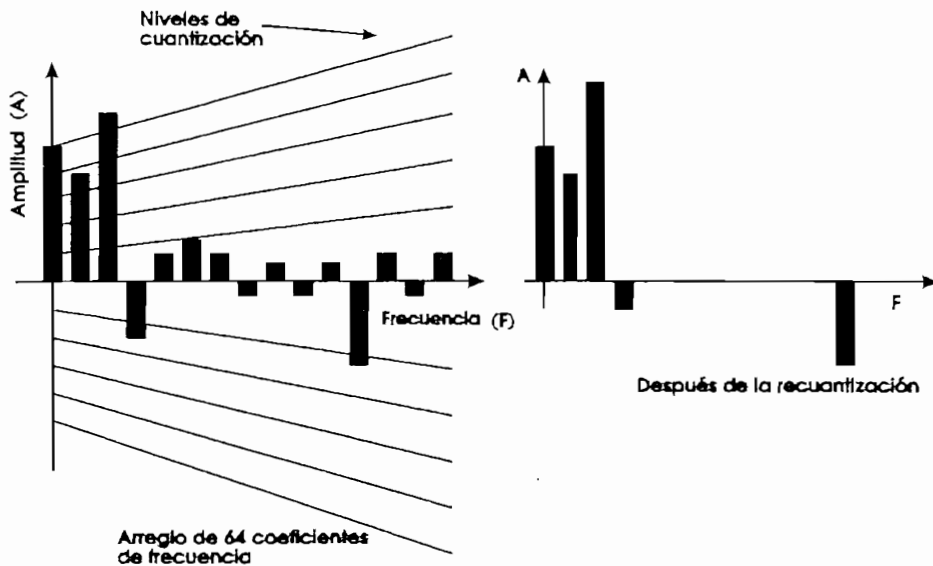


Fig 2-30 Proceso de recuantización para un bloque DCT.

En lugar de codificar los coeficientes de valor cero obtenidos en el proceso de DCT, se transmite luego del último coeficiente finito un prefijo, seguido por un código especificando el número de ceros que siguen. Finalmente se transmite un único símbolo de fin de bloque.

Durante el proceso de decodificación se emplea cuantización inversa para convertir el valor comprimido a su forma original. Los niveles de cuantización usados durante el proceso de codificación se pasan al decodificador como parte de los datos.

## 2.4.4 Descompresión de video

Toda la parte de descompresión de video está ligada con la compresión, razón por la cual no se la analiza separadamente, sino que, dentro de cada método de compresión los cuales fueron estudiados en los numerales 2.4.1, 2.4.2 y 2.4.3. Se analiza además, la descompresión de la señal HDTV en el capítulo 4 (Recepción), donde se describe el decodificador de cada uno de los sistemas en estudio.

## 2.5 Cancelación de imágenes fantasmas

Por largo tiempo se ha investigado la forma de reducir o eliminar los fantasmas de video. Estos fantasmas son creados cuando una señal de televisión transmitida a través del aire, en su trayectoria encuentra edificios, torres, puentes, colinas, etc. Y si el objeto es buen conductor, la obstrucción refleja la onda de radio, esto es, el conductor intercepta la onda entonces fluye corriente en la obstrucción (igual que en una antena) y la obstrucción irradia nuevamente la señal.

Al llegar a la antena receptora tanto la onda directa como la reflejada; se tiene como resultado la afluencia de señales desde varias direcciones, estas señales llegan desplazadas ligeramente en tiempo y el resultado es la producción de múltiples imágenes que se conocen como *fantasmas*.

Una imagen de televisión recibida bajo estas condiciones se degrada y retarda en tiempo; los usuarios son particularmente sensitivos a estas clases de degradación porque tienen acceso a fuentes de video tales como videograbadoras.

La percepción de fantasmas depende del contenido y calidad de la imagen. Imágenes con una gran cantidad de elementos desordenados ocultan fantasmas, así como también señales débiles.

La NAB (*National Association of Broadcasters*) realizó investigaciones en cuanto al grado de problema que imágenes fantasmas causan en áreas de servicio determinadas dentro de los Estados Unidos, resultando lo siguiente: 23% de las estaciones respondieron que es un problema que afecta a cerca de un cuarto de su área de servicio, 17% de las estaciones reportaron que afecta a más de la mitad de su área de servicio. 47% consideraron muy importante la creación de estándares de cancelación de imágenes fantasmas, mientras que el 40% considera de alguna importancia [7].

En la actualidad no existe ningún estándar para cancelación de imágenes fantasmas en los sistemas NTSC, PAL o SECAM, pero se han planteado algunas propuestas como son: la japonesa (BTA) que emplea procesamiento analógico y la norteamericana de (AT&T) para televisión de alta definición que está todavía en estudio.

### **El sistema BTA (*Broadcasting Technology Association*)**

El trabajo desarrollado por Nippon Hoso Kyokai (NHK) y la asociación de tecnología para radiodifusión BTA en Japón presenta un sistema práctico y efectivo de cancelación de fantasmas con procesamiento analógico. El sistema BTA usa una señal de referencia de cancelación de imágenes fantasmas que es transmitida con la señal de televisión, permitiendo corregir la señal en el receptor.

El método propuesto por BTA de cancelación de imágenes fantasmas fue adoptado como un estándar para el Japón para radiodifusión en 1989. Cientos de estaciones de televisión en Japón ahora transmiten la señal de referencia de cancelación fantasma (*Ghost Canceling Reference GCR*). Al momento se están ya desarrollando equipo externo de cancelación fantasmas; mientras se desarrollan receptores de televisión con secciones internas de cancelación fantasma.

La señal GCR usada consiste de una barra con una característica  $\text{sen } x/x$ , esta señal se muestra en la Fig.2-31.

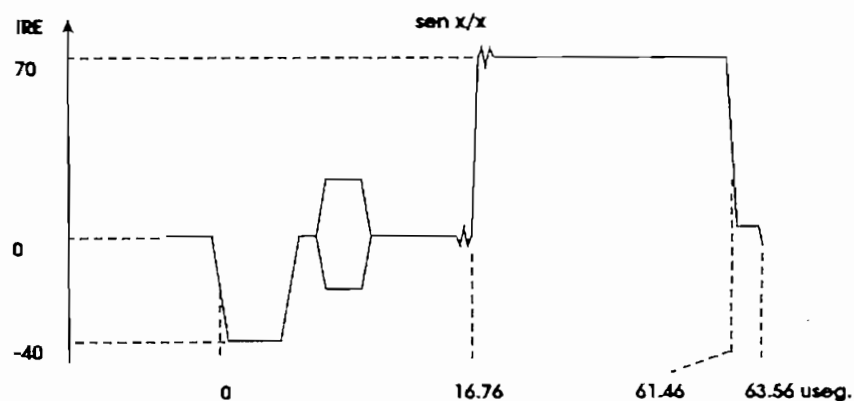


Fig 2-31 Señal GCR del sistema BTA

El sistema de cancelación fantasma de la BTA requiere que la GCR se inserte en la línea 18 del intervalo de borrado vertical (*Vertical Blanking Interval VBI*) de la señal de televisión transmitida. Esta señal se analiza en el receptor donde la señal GCR es extraída, y la sección de procesamiento de este cancela la contaminación de la señal GCR.

La cancelación de imágenes fantasma requiere de algunos segundos para lograr un efecto perceptible. En las investigaciones realizadas por NHK antes de introducir la cancelación fantasma, y después de activarla, se obtuvieron los siguientes resultados [7]:

<u>Escala impartida por el CCIR</u>	<u>Antes</u>	<u>Después</u>
	(%)	(%)
Imperceptible	25	72
Perceptible, pero no molesto	31	20
Poco molestos	21	5
Molesto	18	2
Muy molesto	5	1

### La propuesta de AT&T

El tipo de GRC que se utiliza para televisión de alta definición digital es una secuencia binaria, que es transmitida junto con la señal dentro de cada trama de sincronismo. En la recepción, el sistema de cancelación de imágenes fantasmas HDTV se desarrolla con dos procesos de señales digitales: La porción de identificación del canal (*Identification Portion ID*), que calcula la distorsión del GCR a través de un algoritmo ID y el filtro de cancelación de imágenes fantasmas (Fig. 2-32).

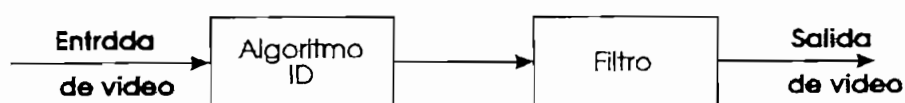


Fig 2-32 Diagrama de bloques simplificado de un sistema de cancelación de imágenes fantasmas para HDTV.

Las imágenes fantasmas con un retardo tan largo como 40 useg pueden ser eliminados; el tiempo requerido para la cancelación puede ser tan corto como 2 seg [6].



# CAPITULO 3

## TRANSMISION DE HDTV

En esta etapa, los sistemas de transmisión analógicos (como el sistema Narrow-MUSE del Japón y HD-MAC de europa), no necesitan de requerimientos adicionales para el transmisor, pues trabajan perfectamente en radiodifusión satelital con los sistemas de modulación analógica ya existentes; razón por la cual, en el presente capítulo no se va estudiar este sistema de transmisión.

Los sistemas de transmisión digitales, a diferencia de los sistemas analógicos (que usan modulación de amplitud), emplean modulación de amplitud en cuadratura multiestado QAM (*Quadrature Amplitude Modulation*), por lo que se deben tomar en cuenta ciertas consideraciones en el amplificador.

La transmisión codificada de HDTV digital (D-HDTV) a través de un canal con ancho de banda estándar de 6 MHz exige requerimientos severos en relación con la linealidad del medio de transmisión (transmisor, línea de transmisión y antena). Se debe tomar en cuenta los efectos de la no linealidad sobre la calidad de la señal y sobre el resultado de la cobertura lograda para una potencia dada del transmisor.

El sistema de transmisión para las estaciones de televisión actuales puede ser considerado como: un diplexer, un amplificador de potencia, línea de Tx y una antena (Fig.3-1a). El equipo HDTV digital consistirá de un amplificador de potencia, filtro pasa banda, línea de Tx y antena (Fig. 3-

1b). Los amplificadores de potencia para un sistema digital son similares a los usados en los modernos sistemas de televisión. La mayor diferencia es el nivel de potencia con el que opera cada sistema. El filtro pasa banda se utiliza para reducir la interferencia, con una atenuación fuera de banda de 50 dB [11].

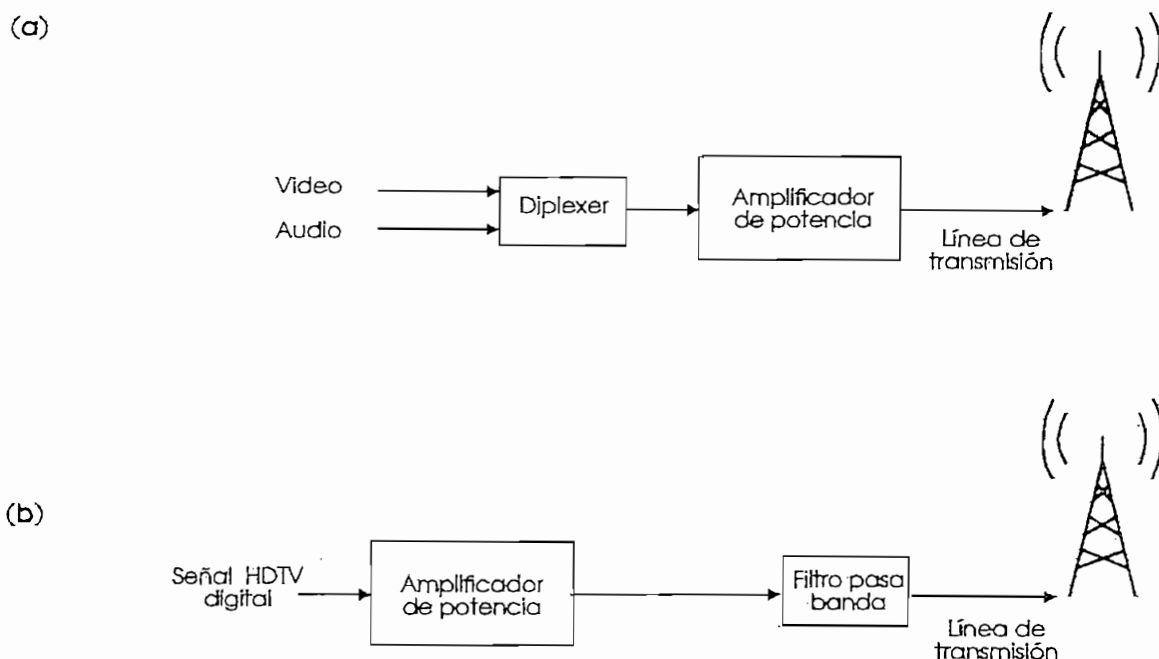


Fig. 3-1 Sistema de transmisión para a) Estaciones convencionales, b) Estaciones HDTV.

Ocurren mecanismos idénticos de atenuación de señal debido a efectos de propagación tanto en sistemas de transmisión digitales como analógicos. Sin embargo, el resultado de la degradación de la señal digital en la transmisión puede producir una pérdida total y abrupta de la señal de video y sonido, esto se llama "efecto de caída" (*Cliff Effect*).

Las estaciones de TV, deben empezar haciendo planes en la actualidad para el cambio a D-HDTV en el futuro; sin embargo, todavía se están estudiando los requerimientos para soportar tecnología desactualizada en los próximos 10 a 15 años.

### 3.1 Requerimientos del transmisor

Los sistemas de transmisión digital que están bajo evaluación por la FCC, usan algunos tipos de modulación de amplitud en cuadratura multiestado QAM. Este sistema de modulación pone datos sobre la onda de la portadora RF en forma de amplitud y fase. Por ejemplo, en un sistema QAM de 16 estados, hay 16 combinaciones de amplitud y fase, cada una representando un dato sobre la portadora RF.

La Fig. 3-2 muestra una constelación 16QAM, cada *dot* (dato en sí mismo) representa uno de los 16 puntos de datos. Cada punto tiene un valor específico de amplitud y fase sobre la portadora RF. Los cuadrados circundantes a cada localización de punto representan los límites que definen la posición del dato (ventana). Debido a la no linealidad de los amplificadores los puntos se mueven o se ensanchan, pero si cada punto permanece dentro de sus ventanas, la imagen HDTV puede ser decodificada perfectamente. Si los puntos violan su posición en la ventana, la imagen se pierde y se observa el "cliff effect".

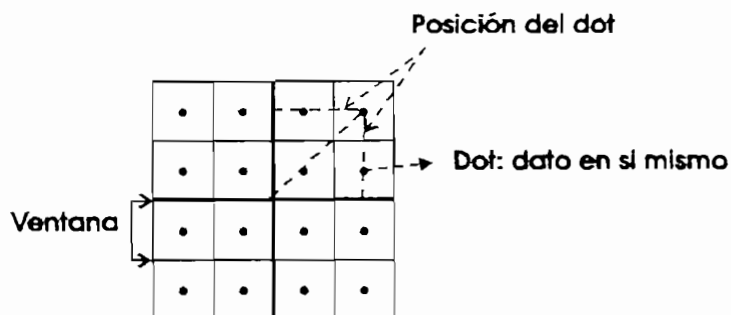


Fig 3-2 Constelación 16QAM.

En consecuencia la transmisión de video digital ofrece el potencial de dar una señal de calidad constante a través de una determinada área de cobertura; la calidad de servicio en el límite del área será idéntico al desempeño de calidad en las cercanías del transmisor (a diferencia de la degradación gradual de la señal a medida que se aleja del

transmisor asociada a un servicio de transmisión analógico) .

El amplificador de potencia de RF es capaz de distorsionar no solamente la fase y amplitud de la portadora RF transmitida dañando los datos digitales, sino que también puede crear distorsión de intermodulación, lo cual genera señales sobre la portadora que se consideran como ruido.

La Fig. 3-3 muestra el efecto de la distorsión de amplitud y fase sin efectos de intermodulación; se nota que los puntos se mueven dentro de su ventana.

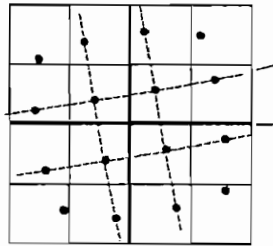


Fig. 3-3 Señal 16 QAM con distorsión de amplitud y fase.

La Fig. 3-4 muestra el efecto que produce el ruido de intermodulación en la constelación 16QAM. Los puntos no solo se mueven de su posición, sino que ellos se ensanchan por el ruido de intermodulación. En este ejemplo las distorsiones proporcionarán una señal HDTV digital más vulnerable a errores causados por ruido aleatorio en el canal de transmisión. Efectivamente, los puntos de la constelación se mueven a lugares más cercanos a los límites de la ventana por efecto de la distorsión generada en el amplificador de potencia. En esta condición, escursiones de ruido aleatorio más pequeños pueden causar errores que provoquen la pérdida de la imagen HDTV digital.

Por lo tanto, el amplificador de potencia en un transmisor HDTV digital debe ser lineal para evitar

distorsiones no deseadas e intermodulación de la señal digital, además este es un requerimiento para tener un rango dinámico lineal grande en los amplificadores de potencia RF usados para D-HDTV (para los sistemas digitales en estudio el rango dinámico está entre 85 dB y 95dB [6].

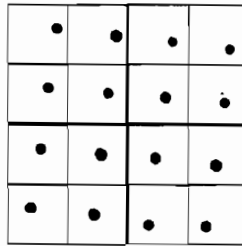


Fig. 3-4 Constelación 16QAM mostrando distorsión y ruido de intermodulación.

Por ejemplo, si se consideran dos transmisores, ambos transmitiendo D-HDTV con la misma potencia de cobertura. Si el un transmisor (A), es lineal, y el otro transmisor (B) el cual presenta el efecto de intermodulación; ambos transmisores producirán imágenes perfectas en un rango cerrado. Cuando la distancia se incrementa entre el transmisor y el receptor, en el transmisor (B) "caerá" la imagen antes que en el transmisor (A).

Se puede decir que el área de cobertura de un transmisor D-HDTV, para la misma potencia de cobertura será menor para un sistema no lineal que para un sistema lineal.

Por lo tanto el área de cobertura de un transmisor D-HDTV es dependiente de su linealidad. La calidad de un transmisor HDTV digital, está basada fundamentalmente en la linealidad de la señal transmitida y no en parámetros de calidad observados de la imagen (por ej: fidelidad, nitidez, etc.).

## Requerimientos de potencia

Las formas de una señal QAM en el dominio del tiempo y de la frecuencia se asemejan a las de una señal ruidosa. No existe el pulso de sincronismo, ni los niveles de referencia del blanco y negro, ni los niveles de borrado. De este modo, la señal D-HDTV es mejor caracterizada por su potencia promedio y su relación de potencia pico/promedio. Entendiéndose como potencia pico al valor máximo de potencia, que en el espectro de frecuencia estaría ubicada en la frecuencia central del canal de 6 MHz para un sistema con modulación analógica, pero para un sistema con modulación digital y debido a la naturaleza de la señal QAM de varios estados, el valor máximo puede aparecer en cualquier parte dentro de los 6 MHz, entonces no se puede hablar de potencia pico en este sistema sino de potencia promedio que sería el promedio de todos los valores de potencia.

Se debe considerar la potencia requerida para igualar el área de cobertura de HDTV con las estaciones existentes de televisión convencional. El mayor problema para realizar una comparación de los niveles de potencia para estos sistemas es el uso en la transmisión digital de potencia promedio para cuantificar la fuerza de la señal en HDTV, mientras la televisión convencional usa potencia pico como unidad de medida.

En un sistema de transmisión analógico, la potencia pico requerida en cualquier instante es el factor limitante, la potencia promedio es una consideración secundaria.

La señal NTSC tiene una relación pico/promedio de 2.5 dB, mientras que la señal D-HDTV está entre 8dB a 15dB (dependiendo del sistema seleccionado). De este modo mientras la potencia promedio del transmisor HDTV puede ser medido en un rango de 5kW a 20kW, las potencias picos serán 10 veces mas altas o más [12] (el orden de potencia máxima o pico para estándares de televisión actuales en nuestro País están en el orden de 2, 5 y 10kW).

### 3.1.1 Clases de operación

Las clasificaciones de amplificadores de potencia se basan en sus puntos de polarización DC con respecto a su característica de transferencia, tomando en cuenta la linealidad y rendimiento en cada una de las configuraciones.

La eficiencia o rendimiento de un amplificador de potencia es la medida de la capacidad para convertir la potencia continua de la fuente de alimentación en potencia alterna suministrada a la carga.

Para aplicaciones HDTV digitales, tres clases de operación de los amplificadores son considerados : clase A, B y C. La combinación del clase AB es también reconocida.

a) **Clase A.**- La polarización DC de este tipo de amplificador es tal que permite una potencia de salida pico de RF completa.

El amplificador clase A es lo suficientemente lineal, pero también altamente ineficiente, porque la potencia de salida (la señal alterna desarrollada a través de la carga) es una parte de la potencia tomada de la batería de polarización DC, y gran parte de la potencia DC es disipada como calor en la resistencia de carga.

b) **Clase B.**- El punto de operación se fija en el corte, la corriente de salida varía solamente  $180^\circ$  del ciclo. Con esta configuración se puede obtener mayor potencia de salida y rendimiento mayor; pero la distorsión es mayor del amplificador en clase B que en el A.

Si se analiza su derivado práctico el clase AB en el cual el dispositivo se polariza por encima de la región de corte, pero bajo los niveles del clase A (ángulo de conducción entre  $180^\circ$  y  $360^\circ$ ), se obtiene que el clase AB reduce no linealidades de las señales, pero guarda una mayor porción de las ventajas de eficiencia del clase B.

El amplificador clase AB, con su característica clase A se adapta para los paquetes de señales HDTV digitales bajo consideración. El amplificador clase AB entrega los requerimientos de potencia para una perfecta transmisión de la señal HDTV digital, y abastece la salida pico instantánea requerida para tener un rango dinámico grande.

Los amplificadores clase B y AB por las características de linealidad y rendimiento, son la selección ideal para operación en D-HDTV.

- c) **Clase C.**- Un amplificador clase C es polarizado por debajo del corte y solamente amplifica el pico de la onda sinusoidal de RF (menos de  $180^\circ$ ), las rígidas características no lineales dan como resultado operaciones inadecuadas para aplicaciones D-HDTV, a pesar de su alta eficiencia.

### **3.1.2 Selección de amplificadores.**

En una estación de televisión, la función del amplificador de potencia consiste en elevar el bajo nivel de potencia de la portadora de RF procedente del equipo de modulación, a un nivel suficientemente alto que, combinado con la ganancia efectiva de transmisión de la antena, irradie la potencia necesaria para alcanzar el área de cobertura deseada.

En consecuencia, para los radiodifusores el advenimiento de HDTV presenta confusiones en cuanto a la elección de amplificadores para el transmisor. Una vez que los radiodifusores conozcan que los klystrons estándar, fueron una selección práctica en UHF en los sistemas de televisión convencionales, y que más aparatos se están desarrollando, la popularidad de los klystron estándar decaerá, pero su desempeño nunca fue cuestionado. Con el advenimiento de D-HDTV, el amplificador del transmisor está siendo rediseñado.



Un problema constituye el requerimiento de la señal D-HDTV de ser transmitida en un casi perfecto amplificador de RF (amplificador extremadamente lineal).

El klystron estándar presenta serias pérdidas debido a la dramática reducción de su eficiencia en operaciones D-HDTV. Los tetrodos generalmente tienen mejor eficiencia de operación que los klystron estándar, pero una capacidad de potencia pico de 30kW limita su uso en aplicaciones de alta potencia. El klystron MSDC (*Multiestage Depressed Collector*), es una versión del klystron estándar, pero presenta mejores características para la transmisión de D-HDTV.

Como es probable que la mayoría de los canales sean asignados en UHF, entonces los dispositivos que operan en esta banda son: klystron estándar, klystron MSDC, tetrodos y estado sólido.

a) El klystron.- Hoy en día el aparato amplificador de potencia usado mas ampliamente en UHF es el klystron y sus derivados: El *Multistage Depressed Collector MSDC*, *Energy Serving Collector ESC* y *Philip Depressed Collector PDC*.

El klystron es fundamentalmente un dispositivo que trabaja en clase A. Está capacitado para soportar la potencia más alta de salida pico. El uso de pulsos para cambiar el punto de polarización entre los niveles de sincronismo y niveles de video sobre una base continua, no es posible en HDTV digital, porque no hay un punto de referencia de la señal. De este modo el klystron convencional tendrá que ser polarizado a niveles completamente DC para soportar los picos aleatorios de una señal QAM multiestado.

Como un ejemplo, el punto de compresión de 1db (punto que determina el ancho de banda de potencia de un amplificador) de un klystron de 60kW de potencia pico, es aproximadamente 50kW cuando se adapta para una saturación de 65kW. La potencia de entrada DC para soportar 65kW saturados

es aproximadamente 130kW. De este modo para una señal de potencia pico de 50kW con una relación de potencia pico/promedio de 10dB, la eficiencia (n) del klystron será [12]:

- Potencia de saturación RF del klystron de salida .... 65 kW
- Punto de compresión de 1 dB del klystron ..... 50 kW
- Entrada DC para saturación a 65 kW ..... 130 kW

$$n (\%) = \frac{\text{Potencia de salida promedio}}{\text{Potencia de entrada DC}} * 100$$

$$n (\%) = \frac{5 \text{ kW}}{130 \text{ kW}} = 3.8 \%$$

No es aceptable esta eficiencia.

La consideración para D-HDTV llega a ser peor cuando se toma en cuenta el ancho de banda de potencia de los klystron actuales. Los klystron con un ancho de banda de 6MHz no entregan la potencia completa para todas las frecuencias en el total del ancho de banda. A frecuencias lejanas de la portadora, las cavidades del klystron resultan mal sintonizadas y este opera como un amplificador de señal baja.

En la Fig 3-5 se muestra el ancho de banda de potencia de un klystron de 60kW. Se nota que el punto de compresión de 1dB da un ancho de banda de 4.5 MHz, de este modo el rango de potencia de salida y el punto de compresión de 1dB para un klystron de 60kW será significativamente menor en los bordes de la banda que en el centro de la banda.

Debido a los altos requerimientos de potencia pico/promedio de los sistemas D-HDTV propuestos y su limitado ancho de banda, el klystron resulta ineficiente para operar como un amplificador de potencia RF para D-HDTV.

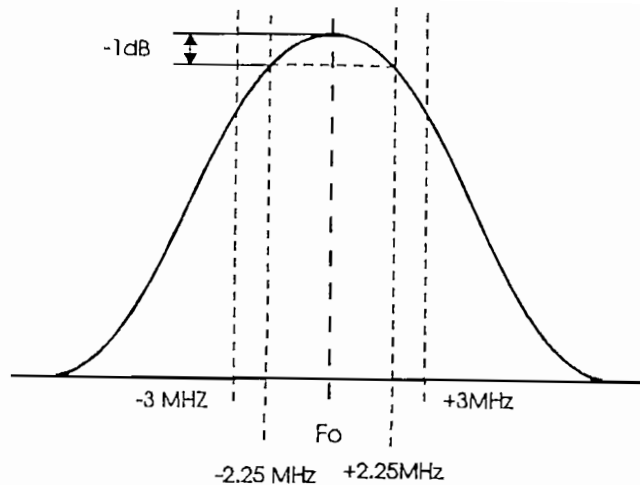


Fig. 3-5 Ancho de banda de potencia de un klystron de 60 kW.

b) **Elementos de Estado Sólido.**- Transmisores UHF de estado sólido usan múltiples transistores que operan en clase AB y están disponibles a niveles de potencias pico inferiores a 30 kW en sistemas de televisión convencionales.

Los transmisores de estado sólido proveen una alternativa razonable para aplicaciones HDTV digitales a baja potencia (hasta 1kW-2kW de salida promedio) para relaciones de potencia pico/promedio de 10dB.

Los transmisores de estado sólido serán más costosos (a causa del número de dispositivos en paralelo necesarios para satisfacer las demandas de potencia pico de una señal HDTV digital), y menos eficientes que el tetrodo.

c) **El tetrodo** - El tetrodo tiene aplicaciones establecidas en UHF a niveles de potencia pico máximo de 30kW. Pueden operar en clase AB y por eso ofrecen una buena eficiencia (por encima de la del klystron) en una aplicación HDTV digital.

El tetrodo es usualmente incorporado dentro de una cavidad que usa un diseño de salida con doble sintonización y tiene un ancho de banda de 6MHz en el punto de compresión de 1dB.

El tetrodo más poderoso dá una potencia de salida promedio de 3kW para señales HDTV digital; con 10 dB de relación de potencia pico/promedio se obtiene una potencia pico de 30 kW [12].

El tetrodo es un buen candidato para aplicaciones HDTV digitales de potencia baja a media, donde se necesitan potencias promedio menores a 3kW.

d) **Klystron MSDC.**- El dispositivo MSDC es una extensión de la tecnología klystron (requiere una polarización clase A), el cátodo es similar al usado en el klystron estándar.

Los niveles de potencia promedio que alcanza están en el orden de los 3 kW y superiores a este, de este modo, con una relación de potencia pico/promedio de 10dB se obtienen niveles de potencia pico similares a las potencias desarrolladas en el klystron.

La Fig. 3-6 ilustra la respuesta de frecuencia de un klystron tipo MSDC. El ancho de banda que se alcanza es de 7 MHz comparado con el requerido para D-HDTV de 6 MHz.

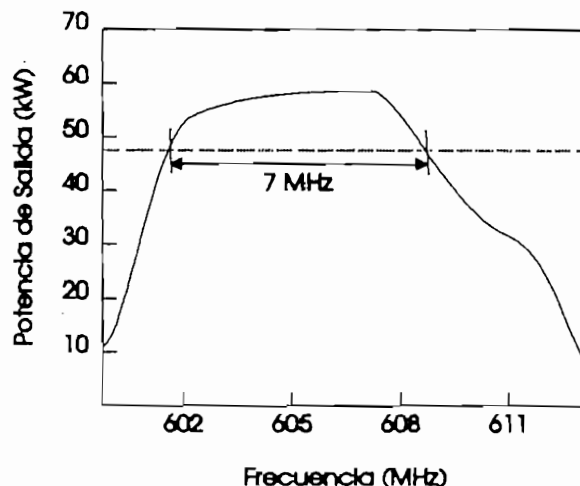


Fig.3-6 Ancho de banda de potencia del klystron MSDC.

Debido a las excelentes características de potencia que presentan los klystron MSDC para manejar señales D-HDTV, se compararán parámetros tales como linealidad y eficiencia. La Fig. 3-7 ilustra la linealidad de amplitud del klystron MSDC.

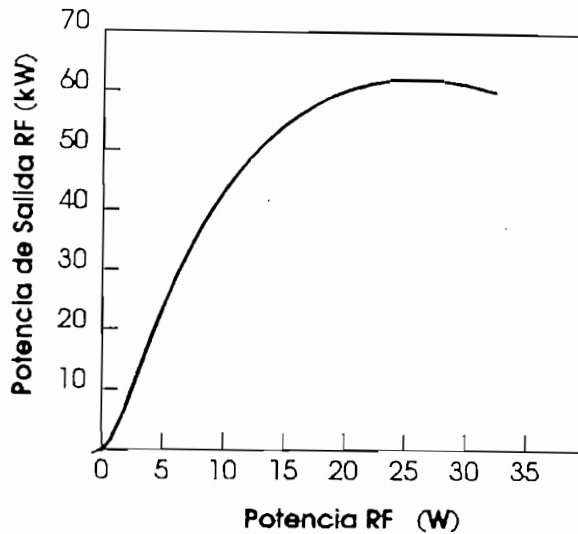


Fig. 3-7 Linealidad en amplitud del klystron MSDC.

En la Fig. 3-7 se observa que este dispositivo presenta ciertas no linealidades en niveles de alta potencia como un resultado de la saturación. Sin embargo este descenso está fuera del rango de potencia de las operaciones D-HDTV y no tiene impacto en su desempeño.

Con respecto a la eficiencia de operación, las características del klystron MSDC son distintas a las del klystron estándar; en la Fig. 3-8 se ve como la potencia de salida promedio requerida disminuye respecto a la potencia DC de entrada para el dispositivo tipo MSDC, a diferencia del klystron estándar.

En la Fig. 3-8 se compara la conversión de potencia para estos dos dispositivos, esta figura representa la eficiencia de operación para D-HDTV, con puntos A (15%) para el klystron estándar y B (35%) para el klystron MSDC, con una potencia promedio de salida de 20 kW.

El klystron MSDC es un de las mejores opciones, debido a que cumplen con los requerimientos para operación con señales HDTV digitales como son: ancho de banda, linealidad, potencia de salida promedio y eficiencia.

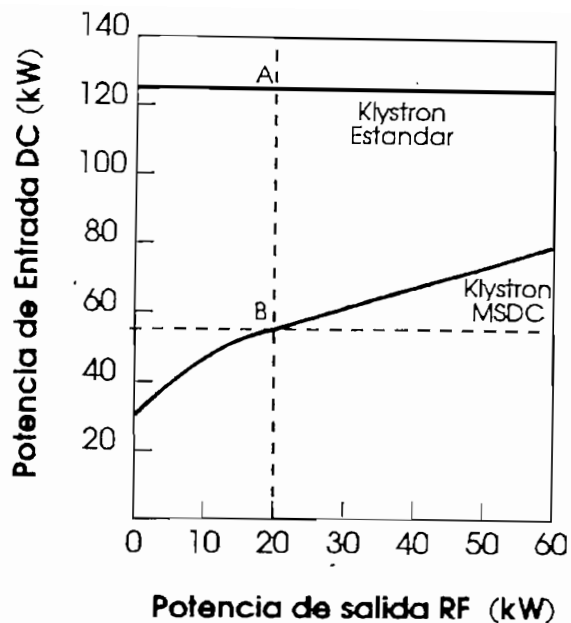


Fig. 3-8 Diagrama de conversión de potencia para el klystron estándar y klystron MSDC.

La Tabla 3.1 identifica a los transmisores que operan en la banda de UHF por su número de modelo, potencia de entrada DC requerida, tipo de amplificación final y potencia de salida pico.

MODELO	POTENCIA DE ENTRADA DC (kW)	TIPO DE AMPLIFICADOR	POTENCIA DE SALIDA PICO (kW)
ST-15M	70	klystron	15
ST-30	83	Klystron	30
ST-120	295	klystron	120
ST-30	85	Klystron MSDC	30
ST-60DC	88	Klystron MSDC	60
ST-120DC	157	Klystron MSDC	120
ST-240DC	320	Klystron MSDC	240
TRU/10KV	19.7	Tetrodo	10
TRU/15KV	29	Tetrodo	15
TRU/30KV	50	Tetrodo	30
TRU/2KS	5.1	Estado Sólido	2
ULTRA-10	30	Estado Sólido	10
ULTRA-15	46	Estado Sólido	15

Tabla 3.1 Lista de transmisores que operan en la banda de UHF [13].

## 3.2 Antenas para Servicio Terrestre

El medio de transmisión (transmisor, líneas de transmisión y antena) de una señal HDTV digital, requiere características de transferencia extremadamente lineales. Las distorsiones de intermodulación en el amplificador de potencia y la deficiencia de los sistemas de RF (línea de transmisión y antena), afectarán a la potencia del sistema de transmisión que se requiere para D-HDTV, lo cual producirá desperdicios de energía y pérdida de Cobertura de la señal ó *cliff effect* (lo cual ya se explicó en el numeral anterior).

HDTV requiere componentes pasivos cuyo desempeño minimiza distorsiones de la señal digital. Existen áreas críticas como el VSWR de entrada (*Voltage Standing-Wave Ratio*), que representa la cantidad de voltaje que se refleja cuando la señal cambia de un medio a otro. El valor de VSWR que un sistema debe tener para presentar excelentes características de transferencia puede variar desde 1.15 hasta el valor más óptimo de 1. Esta área puede ser examinada a lo largo del canal de 6 MHz.

Debido a la necesidad de tener características excelentes de amplitud y fase durante todo el trayecto hacia el receptor, es necesario que la antena de transmisión cumpla algunas restricciones sobre la ganancia. La alta ganancia de antenas que transmiten por canal único que se usan actualmente exhiben modelos de distorsión en amplitud y fase con respecto a la orientación de la antena de recepción. Esta distorsión puede ser tratada reduciendo la ganancia de la antena.

Una señal HDTV digital comparada con la empleada actualmente (transmisión analógica), requiere un menor nivel

de la señal en el receptor para tener una buena decodificación; si se saca ventaja de esto, en la transmisión se requiere una baja ganancia de la antena, ó una menor potencia radiada efectiva ERP (*Effective Radiated Power*), que constituye la ganancia total del sistema radiante y la máxima potencia de transmisión, en este valor de potencia se toma en cuenta las pérdidas en la línea de transmisión que une al transmisor con la antena. El nivel promedio de ERP para HDTV es de 100kW [14].

De este modo HDTV digital usará antenas de menor ganancia comparadas con las que se usa en el sistema convencional; la ganancia puede ser reducida hasta un 50% o más, para obtener una cobertura de HDTV comparable con los sistemas de televisión actuales [12].

La intensidad de una señal de TV digital es usualmente expresada en "potencia promedio". Sin embargo, la evaluación de los componentes pasivos (filtros, líneas de transmisión y antena), deberán ser hechos sobre una base de "potencia instantánea pico" que alcanza niveles por encima del promedio. Esto significa que la línea de transmisión y la antena estarán cerca del mismo tamaño físico que de los sistemas convencionales.

Para cumplir con el ERP establecido, se tiene varias alternativas:

- Manejar una antena de ganancia baja con un nivel de potencia de salida de transmisión alto.
- Manejar una antena de ganancia alta con un nivel de potencia bajo.

Entonces se tiene una decisión de compromiso entre las dos. La Tabla 3.2 muestra parámetros de tres sistemas diseñados para un ERP de 250 kW.



	1	2	3
ERP (Potencia Radiada Efectiva)	250kW	250kW	250kW
Potencia del transmisor	60kW	30kW	10kW
Potencia en la antena	45kW	14kW	7.8kW
Ganancia de la antena	5,5	18	32
Longitud de la torre (ft)	1000	500	500
Diámetro de cable coaxial	6 <sub>1/8</sub>	3 <sub>1/8</sub>	3 <sub>1/8</sub>
Eficiencia	75%	47%	78%
Longitud de la línea de Tx. (ft)	1000	500	500

Tabla 3.2 Potencia del transmisor vs. ganancia de la antena.

De los datos técnicos obtenidos en la Tabla 3.2, no se llega a obtener una conclusión clara de cual es el mejor sistema, ya que el rendimiento para los sistemas 1 y 3 son aproximadamente iguales.

Para llegar a una decisión final se debe considerar costos estimados de los sistemas (Tabla 3.3). En estas tablas se observa la considerable pérdida de potencia con las líneas de 3<sub>1/8</sub> de pulgada sobre longitudes de 1000 pies. Por otro lado el alto costo del transmisor y otros gastos iniciales (caso 1), lleva a determinar cual de los tres sistemas es el más eficiente. Para el caso 3, asumiendo la longitud de 500 pies, los costos y rendimientos son favorables. Sin embargo cada instalación será única.

	1 (USD\$)	2 (USD\$)	3 (USD\$)
Costo del transmisor	600.000	350.000	180.000
Componentes de RF	200.000	100.000	60.000
Líneas de Transmisión	150.000	45.000	25.000
Antena	50.000	140.000	180.000
Análisis de la torre	15.000	15.000	15.000
Modificaciones de la torre	100.000	80.000	70.000
	-----	-----	-----
Total	1.215.000	730.000	530.000

Tabla 3.3 Costo de la estación proyectada.

La potencia (ERP) de D-HDTV que se requiere para obtener cobertura HDTV confiable, fluctua entre el 50% hasta el 100% de la potencia requerida para los sistemas de TV convencionales [15].

En un período aproximado de 10 a 15 años, existirá una transición entre el sistema convencional y HDTV digital, durante el cual habrá una transmisión simultánea de las dos señales en la mayoría de las estaciones de televisión para servir a la misma audiencia televisiva, entonces la colocación de la antena es importante.

Para colocar las dos antenas sobre una misma torre, se debe realizar primero un análisis estructural de la torre existente, para determinar si esta puede o no soportar el peso adicional y resistir grandes cargas de viento del alimentador adicional y la segunda antena.

Si la torre de transmisión existente no es adecuada para colocar equipo adicional, entonces es necesario determinar un nuevo sitio para ubicar la torre y la antena, el cual a menudo es difícil de encontrar debido al crecimiento del área metropolitana, la ubicación de la nueva torre puede estar a una distancia de hasta 3 Km de la ya existente [16].

La tecnología de antenas de transmisión de banda ancha no es nueva, y sí torres de televisión soportan antenas de otros ocupantes, por que no compartir una antena HDTV, de este modo podría simplificar la conversión a HDTV. Para el caso de que varias estaciones de televisión compartan la misma antena, es necesario un nuevo sistema de antena, el cual deberá presentar características de ancho de banda capaces de manipular los canales deseados.

### 3.2.1 Opciones para transmisión simultánea (Simulcast)

Se entiende al simulcast como el período simultáneo de co-existencia de una estación de televisión convencional y HDTV digital. Dependiendo del equipo, ya sea el actual o uno nuevo, muchas posibilidades pueden existir para las antenas HDTV en la opción simulcast, como se puede apreciar en la Figura 3-9.

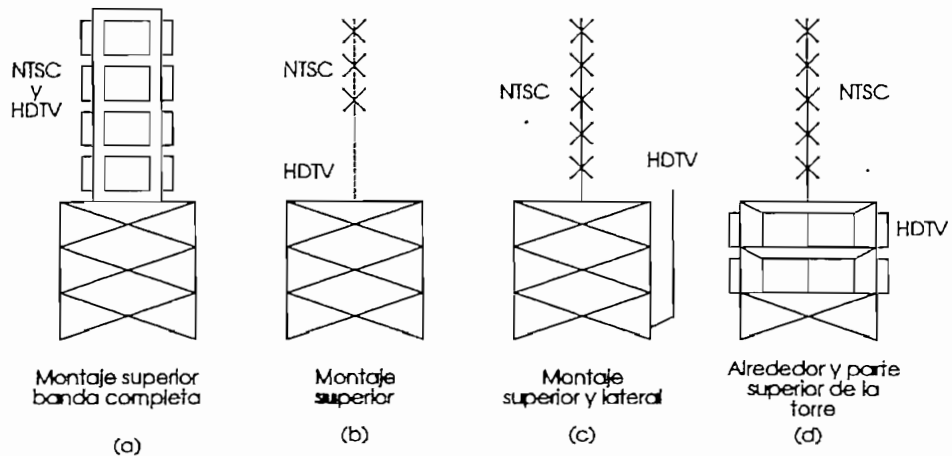


Fig. 3-9 Antenas para servicio simultáneo NTSC/HDTV.

De la Figura 3-9 se tiene que:

- Una antena de banda completa de montaje superior (sobre la torre), podría reemplazar a una antena común de canal único.
- Un arreglo NTSC-HDTV de montaje superior (sobre la torre), podría reemplazar a una antena convencional.
- Un sistema de montaje lateral (lado lateral de la torre, para HDTV), podría ser instalado junto con la antena existente de montaje superior.
- Un sistema de antenas HDTV alrededor de la torre (wrap-around, parte superior de la torre), podría ser instalado bajo una antena convencional de montaje superior.

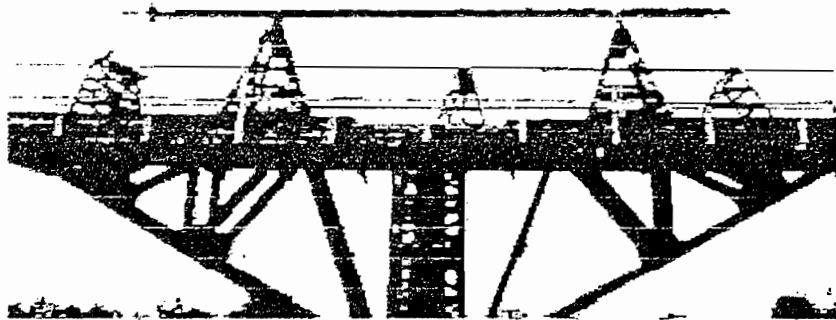
Los factores que afectan al rendimiento de la antena incluyen el ancho de banda, el patrón y el montaje de la

antena.

Como una facilidad en UHF es posible reemplazar una antena convencional por una antena de banda completa para lograr un mejor aprovechamiento de la torre.

Por ejemplo, una estación UHF convencional que usa una antena de canal único de montaje superior, podría reducir las posibles limitaciones de la torre usando una antena de banda completa de montaje superior, con lo cual podría transmitir en HDTV. Las líneas de transmisión de banda ancha pueden soportar toda la banda de UHF para televisión (470-890 MHz).

La Compañía *Dielectric Communications* fué seleccionada por la *Field Test Advanced Task Force* de la FCC para suministrar la antena UHF, canal 53, para las pruebas de campo HDTV en Charlotte, Carolina del Norte. La antena es del tipo cilíndrica ranurada de montaje superior (Fig. 3-10) y fue instalada con línea de transmisión rígida de 50 ohm con 420 metros de largo (1400 pies) y 6-1/8" de diámetro [17].



**Fig. 3-10 Antena TFU-24G usada para las pruebas de campo de ATV en Charlotte.**

La antena seleccionada fue una TFU-24G, diseñada en forma de cilindro coaxial de montaje superior con alimentación central.

Por los estudios realizados de la región de cobertura de HDTV digital para esta antena, debe examinarse al contorno umbral, es decir, la distancia donde la imagen y el sonido se pierden, ahí se tiene la mínima relación portadora/ruido

(CNR) de la señal digital. Como consecuencia de la reducción de la señal en 1dB ya sea debido a pérdidas en la línea de transmisión ó atenuaciones en el espacio libre, en el contorno, aproximadamente se perderá 1 milla de Cobertura [15].

De las pruebas de campo realizadas sobre la antena de la Fig. 3-10, se han obtenido los patrones de elevación y azimut para campo lejano, Fig. 3-11 y 3-12, respectivamente. Estas pruebas demostraron una excelente respuesta de amplitud de la antena en los planos azimut y elevación.

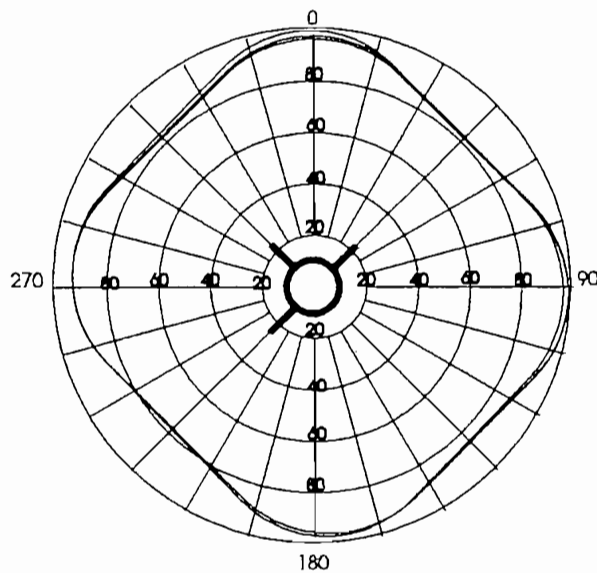


Fig. 3-11 Patrón de azimut de la antena TFU-24G.

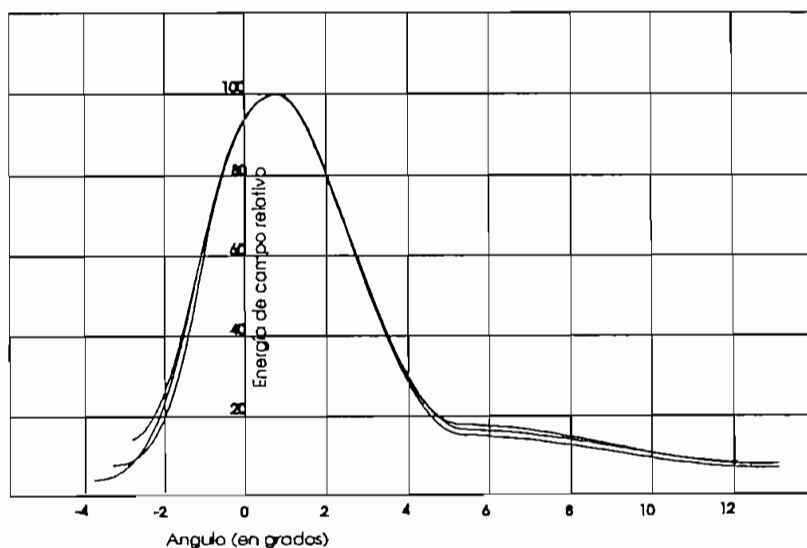


Fig. 3-12 Patrón de elevación de la antena TFU-24G.

Las antenas son a menudo analizadas por su característica de entrada, es decir, por la relación de ondas estacionarias de voltaje (VSWR) a través de la banda de operación propuesta.

La Fig.3-13 muestra la entrada VSWR entre la antena TFU-24G y la línea de transmisión. La antena muestra excelentes características a lo largo de la banda de 6 MHz, el máximo valor de VSWR (1.05) no excede el límite de referencia de 1.15 [17].

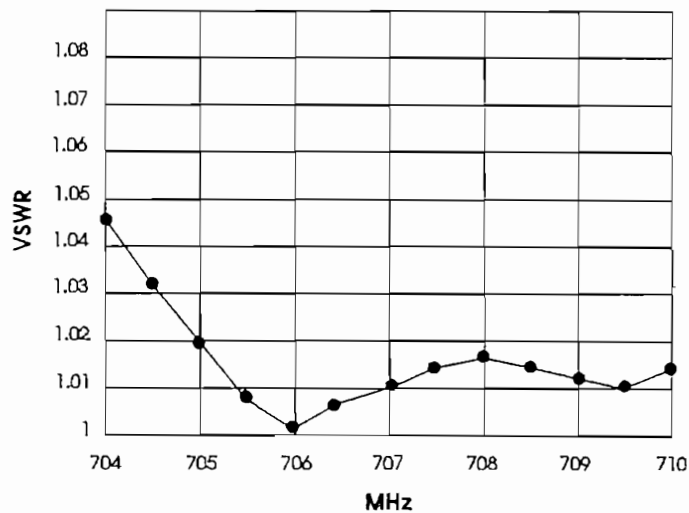


Fig. 3-13 VSWR vs. frecuencia de la antena TFU-24G.

Por las excelentes características que presenta esta antena de montaje superior es una buena opción para transmisión HDTV (este tipo de antena se debería usar en lugares donde el patrón de radiación sea omnidireccional como en la ciudad de Guayaquil).

En el caso donde se requiera que la antena sea direccional, las antenas de montaje lateral pueden ser usadas; debido a que este tipo de antenas son afectadas por las reflexiones que la torre causa en el patrón omnidireccional, produciendo distorsiones del contorno umbral, lo cual resulta en huecos en el área de cobertura. Las estaciones que ahora usan antenas direccionales para la transmisión de televisión convencional (como en Quito) implementarán muy fácilmente este tipo de sistema.

Paneles UHF de banda ancha proveen a las estaciones en UHF la habilidad para operar con señales de televisión convencionales y HDTV dentro de la misma antena. Por ejemplo la estación WCPB-T canal 28 de la red de televisión pública de Maryland en los EE.UU., usa una antena (Fig. 3-14) que es una del tipo panel de montaje superior diseñada para operación sobre cualquier canal HDTV.

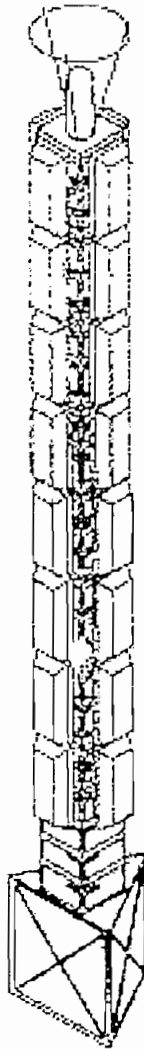


Fig. 3-14 Panel de antenas TUP de banda ancha para WCPB canal 28, en Maryland.

Paneles alrededor de la torre se pueden utilizar bajo la antena de transmisión de un sistema de televisión convencional; un inconveniente producido por este tipo de montaje es que, debido a que los paneles son pequeños y las torres generalmente grandes, el modelo del azimut resultante pueden ser severamente distorsionado (desviándose sobre los 20dB del omnidireccional en algunos casos) [15], tales distorsiones producirán una pérdida inaceptable del servicio.

En aplicaciones direccionales, el uso de paneles de banda ancha de montaje lateral para operación combinada podrían ser utilizados. Los sistemas de montaje lateral usando paneles UHF de banda ancha y líneas de banda ancha suministran un buen sistema para radiodifusión simultánea.

Las antenas colocadas alrededor de la torre tendrán que ser montadas en la parte más baja sobre la torre. Este tipo de antena utiliza varios paneles dependiendo del patrón de radiación que se desee, son individualmente alimentadas con distribuidores (que tienen la función de repartir la potencia de entrada de forma igual a cada una de las entradas, el número de entradas depende del total de paneles a utilizarse, Ver anexo A), resultando en un buen rendimiento multicanal de banda ancha.

Una ventaja importante de esta antena es que debido a la característica de fuente multi-punto, el patrón de radiación puede ser ajustado dependiendo del área geográfica que se quiera cubrir.

No existe una respuesta única de cual de los sistemas de antenas es el mejor. Cuan bien el sistema funcione dependerá de los factores mencionados y de las opciones disponibles para cada estación. La opción inicial de un sistema de antena para HDTV digital también dependerá de las proyecciones de mercado y de los ingresos esperados para transmisión HDTV.



### 3.2.2 Tipos de antenas

Para manejar la señal HDTV digital, la antena no necesita de requerimientos adicionales, pues trabaja perfectamente con los sistemas ya existentes.

Los diferentes tipos de antenas de banda ancha para radiodifusión en televisión que se encuentran en el mercado son los siguientes:

#### 1.- Antenas Tipo panel

Las antenas tipo panel son antenas que están formadas por un apilamiento de un cierto número de dipolos dobles, provistos de un reflector y protegidos por un radomo de fibra de vidrio; por ejemplo la antena para UHF tipo panel AT15-280 que se puede apreciar en la Fig. 3-15.

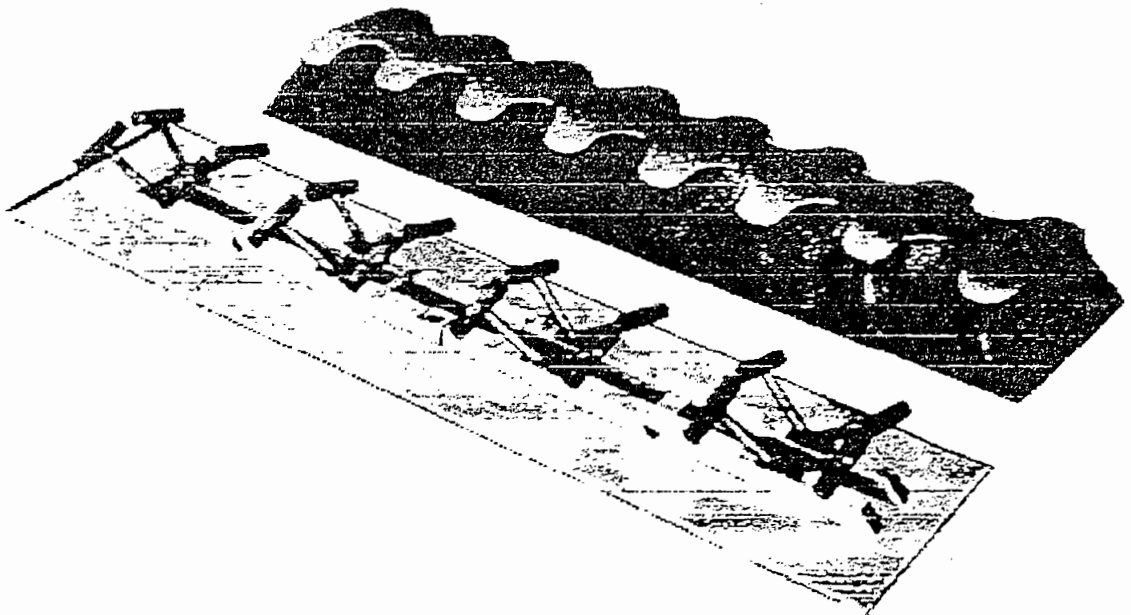


Fig. 3-15 Antena tipo panel AT15-280.

Para la antena AT15-280 se tiene las siguientes características:

- Está formada por ochos dipolos dobles.

- Polarización horizontal.
- Alta directividad.
- Gran capacidad de potencia.
- Excelente protección contra el hielo, la corrosión y la carga del viento, debido a la forma corrugada de su radomo.
- Posibilidad de ser usado como antena directiva individual, o formando parte de un sistema radiante configurado (apilamientos).

Mayores características y detalles ver en el anexo B.

En televisión con el objeto de transmitir con determinados diagramas de radiación y ganancia, es posible llevar a cabo configuraciones de sistemas radiantes mediante apilamientos de paneles de dipolos.

En el sistema radiante, montadas sobre la estructura soporte, alimentadas individualmente, interconectadas mediante los correspondientes distribuidores y cables alimentadores, las antenas presentan la adecuada disposición, obtenida bien por cálculo previo mediante una PC o ensayada en campos de antenas, para obtener el diagrama deseado.

La ubicación de dos paneles en forma perpendicular, como se puede apreciar en la Fig. 3-16 (a), presenta un diagrama de radiación similar al que se muestra en la Fig. 3-16 (b).

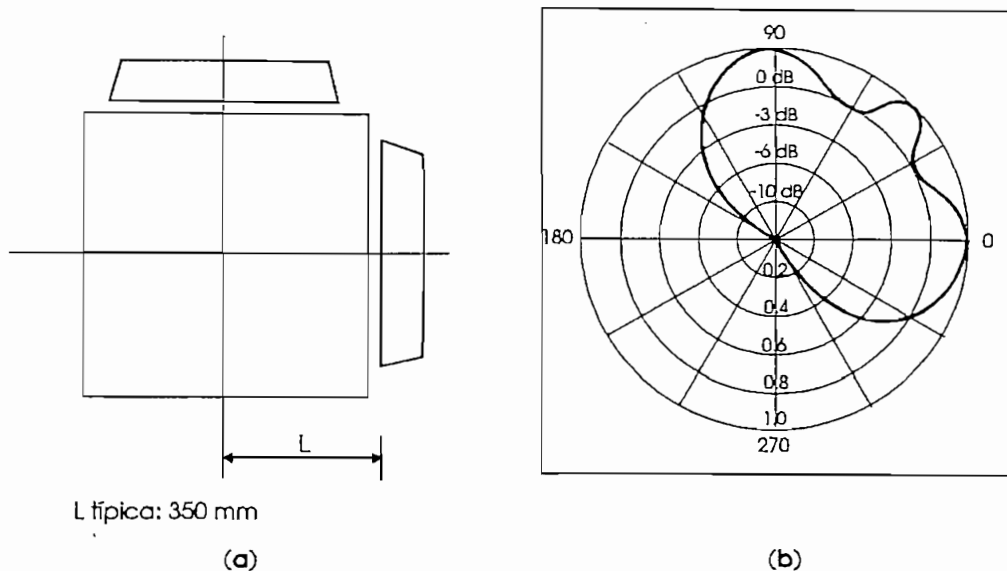


Fig. 3-16 (a) Apilamiento de dos antenas tipo panel. (b) Diagrama de radiación de la configuración.

Para el caso que se requiera una característica omnidireccional el apilamiento de los paneles será similar al que se muestra en la Fig. 3-17 (a), cuyo diagrama de radiación se muestra en la Fig. 3-17 (b).

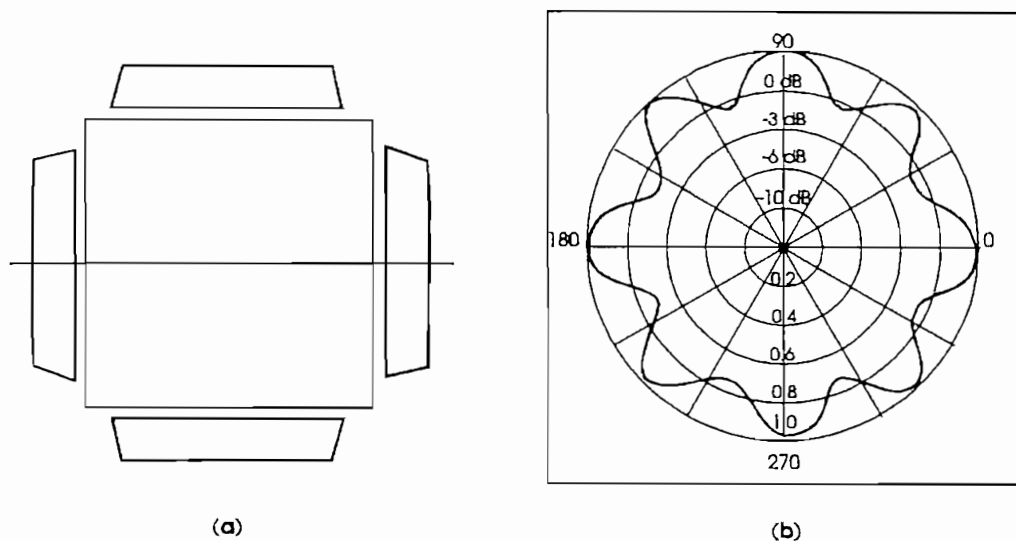


Fig. 3-17 (a) Apilamiento de cuatro antenas tipo panel. (b) Diagrama de radiación.

A más de los apilamientos mostrados se pueden hacer arreglos de apilamientos como se muestra en la Fig. 3-18, con lo cual se mejora las características de transmisión.

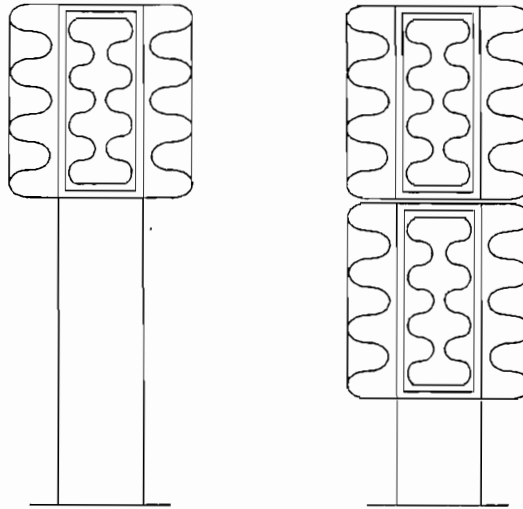


Fig. 3-18 Arreglo de apilamiento de antenas tipo panel.

## 2.- Otros tipos de antenas [18].

En forma general se tienen los siguientes tipos de antenas, las mismas que están dadas por "ADC specialists in antennas systems", Para mayores detalles remitirse a tal referencia:

### a. Antenas omnidireccionales de montaje superior.

#### i.- Antenas cilíndricas ranuradas con alimentación central.

Estas antenas son de baja ganancia y son consistentes con el requerimiento de HDTV de operar con bajo ERP, además mantienen variaciones de amplitud bajas a lo largo de la banda de frecuencia de 6 MHz como se requiere para transmisión HDTV.

El radiador está dentro de la estructura de acero galvanizado, lo cual es el conductor exterior de la alimentación coaxial. Para protecciones atmosféricas está cubierto por un radomo cilíndrico de fibra de vidrio Fig. 3-19.

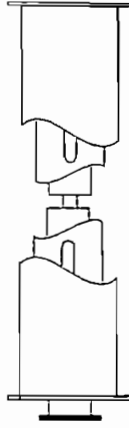


Fig. 3-19 Antena cilíndrica ranurada.

**b.- Antenas direccionales de montaje lateral**

i.- Antenas tipo cilíndricas ranuradas, de alimentación central.

Las características de baja ganancia, y alimentación central, sugeridas para antenas de montaje superior pueden también ser usadas para antenas de montaje superior con patrones azimut direccionales (cardioide). Este tipo de antena se puede apreciar en la Fig. 3-20.

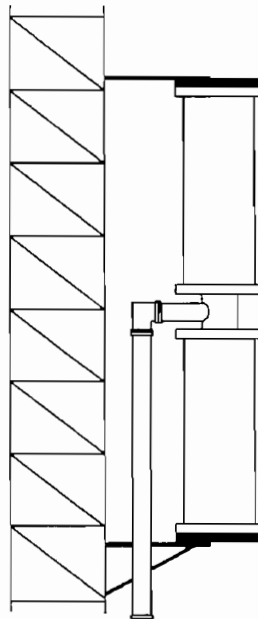


Fig. 3-20 Antena cilíndrica ranurada.

### 3.3 Líneas de Transmisión

La línea de transmisión que une al transmisor con la antena es de material coaxial. Para sistemas de antena de banda ancha, las líneas de transmisión de banda ancha son obligatorias; el diámetro del cable restringe la potencia del transmisor. Dos opciones se deben tomar en cuenta para la selección del cable:

1. Para diámetros menores a 3 pulgadas (8 centímetros), los cables semi-flexibles son menos costosos que los cables rígidos en su instalación; manejan una potencia promedio de hasta 6 kW.
2. Para diámetros mayores que 3 pulgadas, los cables rígidos proveen muy alta eficiencia y un manejo de potencia promedio más alta (hasta los 30 kW) que las alternativas semi-flexibles.

Por los resultados observados en las tablas 3.2 y 3.3, se deduce que presentan una mayor eficiencia y menor costo de instalación los sistemas que operan con alta ganancia de la antena y baja potencia, entonces para manipulación de baja potencia, la línea coaxial de  $3\frac{1}{8}$  pulgadas de diámetro debería ser suficiente [14]. La potencia promedio que este cable soporta está entre 10 kW a 16 kW para la banda UHF de televisión (470 MHz a 890 MHz), además presenta excelentes características de VSWR. Mayores características de este tipo de cable se puede apreciar en el Anexo C.

La presión desarrollada en los soportes de la torre es más dependiente de la línea de transmisión que de la antena. En algunas instalaciones, la presión desarrollada debido a la línea de transmisión es cinco veces más que la debida a la antena.

### 3.4 Switcheo para enrutamiento digital

Las imágenes de televisión generadas en una cámara HDTV o en cualquier otra fuente de video como caseteras, en muchos casos tienen que ser enrutadas dentro de la estación de televisión para luego llegar a su destino final el transmisor; entonces se hace necesario equipo para switcheo (conmutación) de enrutamiento de la señal HDTV digital, como se muestra en la Fig. 3-21.

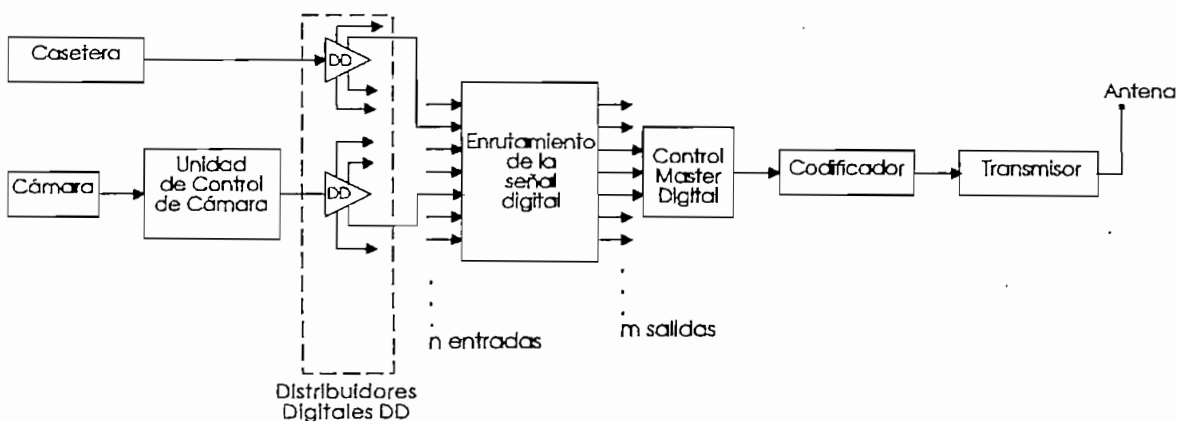


Fig. 3-21 Generación y enrutamiento de la señal HDTV digital.

El switch de enrutamiento digital tiene la función de dirigir las  $n$  señales de entrada (origen) a  $m$  diferentes salidas (destino). Cada enrutamiento se lo realiza con previa programación del equipo.

Un sistema de distribución de señal a alta velocidad es uno desarrollado por la industria fabricante TRW (Fig 3-22), el cual es capaz de enrutar señales HDTV digitales seriales, contruido para un programa de gobierno usando un sistema de 1.2 Gbps, la parte de conmutación por sí misma es capaz de enrutar señales a velocidades aproximadas a 1.5 Gbps (que es el límite superior de la razón de bits para HDTV digital serial) [19]. Esta tecnología ha sido hasta ahora introducida al mundo comercial y provee una implementación de conmutación que ha sido considerada inalcanzable por muchos años.

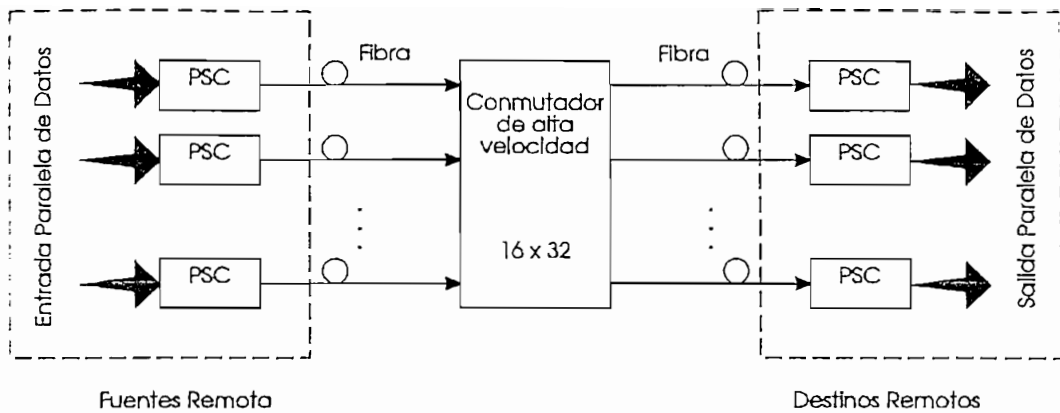


Fig. 3-22 Diagrama de bloques básico de una red de distribución de señal de alta velocidad.

Los requerimientos de razón de datos serial para HDTV son de 864 Mbps para sistemas de exploración entrelazada y 1.2 Gbps para sistemas de barrido progresivo para muestras de 8 bits. Cualquier requerimiento elevado de bits obligará a tener una más alta demanda sobre la razón de datos.

### Descripción del equipo

El elemento clave del sistema es el switch de alta velocidad (*High Speed Switch* HSS) consistente de dos grupos amplios de switches de 16x16 configurados en una matriz de 16x32.

Los datos son transmitidos sobre distancias a y desde el switch en forma serial sobre fibras ópticas de modo simple. La fuente y destino del Switch son equipados con conversores paralelo-serie y conversores serie-paralelo respectivamente.

El requerimiento para un desempeño de 1.2 Gbps y 8 bits para las señales de luminancia y las señales de color muestreadas a la mitad de la frecuencia de luminancia, es fácilmente conseguible por el conmutador de alta velocidad (HSS) con 1.48 Gbps como límite operacional superior.



# CAPITULO 4

## RECEPCIÓN

Los sistemas de recepción de televisión de alta definición (HDTV), han sido investigados y desarrollados durante muchos años para que en un futuro lleguen a ser el medio de despliegue de imágenes en movimiento, y se conviertan en la próxima generación de receptores dentro del mundo de la televisión.

Debido a que no existe un estándar establecido para radiodifusión de televisión de alta definición digital, entonces las empresas fabricantes difícilmente sacarán un receptor al mercado que cumpla con las características de HDTV, por tal razón es difícil conseguir información técnica sobre estos equipos en nuestro país.

El equipo receptor para HDTV, debe cumplir con varias condiciones: entre estas las de costo, que debe ser razonable y estar al alcance de los usuarios; manejabilidad, calidad de la imagen recibida, y compatibilidad con otros sistemas ya existentes.

### 4.1 Aparato Receptor

El aparato receptor de alta definición es un sistema de despliegue en el cual imágenes de mayores dimensiones que las convencionales (relación de aspecto para NTSC, PAL, SECAM es 4/3 y para HDTV es 16/9) y con un mayor número de líneas por cuadro (mayor a 1000 líneas), presentan detalles finos de las escenas, dando al televidente máxima sensación de realidad.

El esquema de la decodificación varía para cada uno de los sistemas en estudio, pero para el despliegue en la pantalla todos los sistemas llegan a la forma analógica. En la actualidad existen varios aparatos de despliegue y sistemas basados en diferentes principios de aplicación; el sistema de despliegue a través del tubo de rayos catódicos (TRC), es uno de los mejores en calidad de imagen y costo.

A diferencia del sistema de televisión convencional y los sistemas HDTV analógicos Narrow-MUSE y HD-MAC, HDTV digital requiere que en el receptor exista una diferencia mínima (umbral C/N) entre la señal deseada y todas las señales no deseadas tales como: multipuntos, interferencias desde otros canales y ruido; en otras palabras, si no se consigue el umbral mínimo, la imagen y sonido HDTV se perderán completamente sin que llegue a degradarse como sucede con los sistemas de televisión convencional.

El umbral de ruido libre de error para HDTV es de 14.9 dB, las señales HDTV con una relación C/N (portadora/ruido) por debajo de los 14.9 dB no serán recibidas, pero con una relación C/N mayor a 14.9 dB las señales se recibirán perfectamente [13].

El umbral de ruido que se requiere para un sistema de televisión convencional que usa transmisión analógica no es un valor fijo, razón por la cual no puede relacionarse directamente con el umbral de ruido para HDTV. La FCC (*Federal Communication Commission*) dicta que para NTSC en UHF se requiere un nivel de señal de 64 dB para tener una transmisión confiable, pero la relación señal/ruido (S/N) no está definida.

Por ejemplo; con un nivel de ruido de -90 dB, la señal NTSC tendrá que ser de 40 dB sobre los -90 dB; es decir, -50 dB para producir una imagen libre de ruido. Con el mismo tope de ruido de -90 dB, la señal HDTV solamente tendrá que ser 14.9 dB sobre los -90 dB, esto es -75.1 dB para producir una señal libre de error [13].

La comparación entre estos dos sistemas es importante, porque con el requerimiento del umbral de ruido menor para HDTV se consigue que en la estación transmisora se radíe la señal a menor potencia (menor ERP) con respecto a la de un sistema de televisión convencional.

#### 4.1.1 Características Generales de un receptor HDTV

Uno de los equipos de despliegue desarrollados para televisión de alta definición es el tubo de rayos catódicos trinitron de alta definición de 38", con relación de aspecto de 16/9; con este equipo que ofrece pantalla más ancha se ha conseguido mejorar la calidad de las imágenes con respecto al TRC de 38" del sistema convencional.

Entre las características principales que se destacan en un receptor de alta definición de 38" están:

- Pantalla super plana, rectángulo perfecto y longitud del TRC más larga, lo cual puede mostrar las imágenes más eficientemente.
- TRC de alta resolución y alta luminancia, con resolución vertical de más de 1000 líneas.
- Pantalla ancha debido a la relación de aspecto de 16/9.

Las principales dimensiones del TRC de 38" se muestra en la Fig. 4-1. En la Fig. 4-2 se observa una vista lateral del TRC con sus principales componentes.

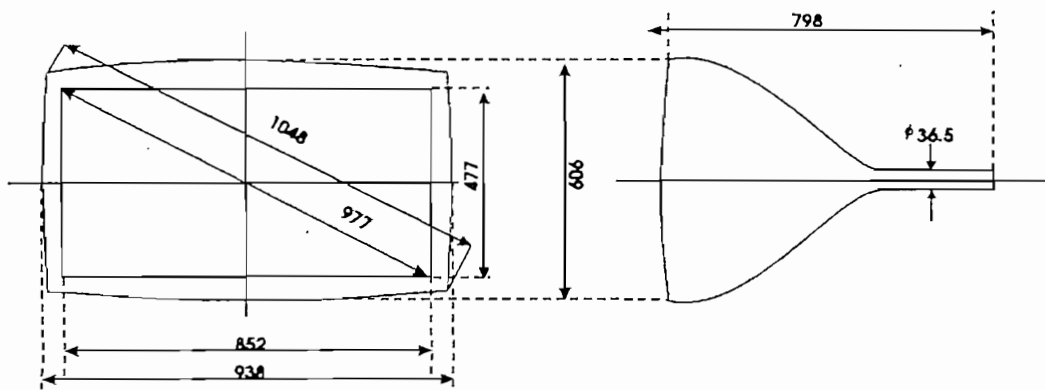


Fig. 4- 1 Dimensiones del TRC de 38" (en mm.).

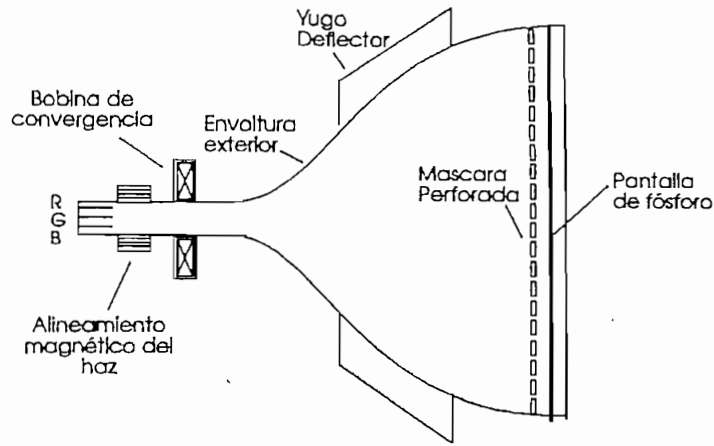


Fig. 4- 2 Principales componentes del TRC de 38" [20].

Este TRC de 38" es un tubo de vacío que se compone de la envoltura exterior, una pantalla de fósforo, máscara perforada, tres cañones electrónicos montados en un conjunto rígido en el interior del cuello. La colocación de los tres haces electrónicos para cada uno de los colores primarios RGB se lo realiza horizontalmente uno al lado del otro, situándose el verde en el centro y a ambos lados el rojo y el azul, como se muestra en la Fig. 4-3.

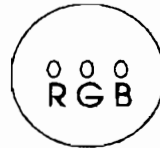


Fig. 4- 3 Colocación de los cañones electrónicos en línea.

Los tubos en línea utilizan una máscara perforada la cual es una lámina delgada de aleación de níquel, montada entre el cañón y la pantalla (cercana a la pantalla de bandas de fósforo). La máscara perforada permite que el haz electrónico de cada cañón incida en la correspondiente banda de fósforo de color de cada "triada" (Fig. 4-4) durante el intervalo de exploración; lógicamente, el cañón verde se encontrará en el eje del tubo, cruzándose los tres haces en la ranura de la máscara.

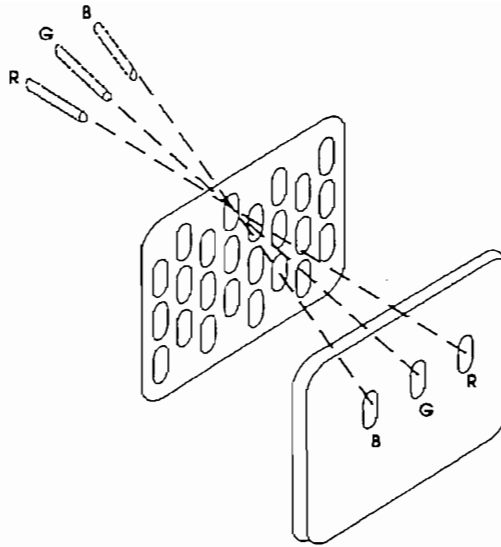


Fig. 4- 4 Detalle de la máscara y pantalla del TRC de 38".

#### 4.1.2 Decodificador de los sistemas de transmisión en estudio

Los sistemas de televisión de alta definición (estudiados en el Capítulo 2) son los siguientes:

1. Narrow-MUSE de la Corporación japonesa de Radiodifusión NHK (Nippon Hoso Kyokai).
2. HD-MAC (Multiplexed Analog Components High Definition), sistema europeo.
3. DigiCipher de American Television Alliance (ATVA - *General Instruments & Massachusetts Institute of Technology*).
4. Televisión Digital Avanzada (*Advanced Digital Television ADTV*) del Consorcio de Investigación de Televisión Avanzada.
5. Digital Spectrum Compatible HDTV (DSC) de Zenith Electronics y AT&T.

De los sistemas HDTV en estudio, tres sistemas tienen características de transmisión completamente digitales; Narrow-MUSE y HD-MAC, emplean transmisión analógica. En la

actualidad, para tener una transmisión confiable de la información ya sea esta de datos, texto ó video se emplea transmisión digital, por tal razón a los sistema japonés y europeo no se les tomó en cuenta en la investigación para obtener un estándar HDTV en los EE. UU.

### a. Sistemas de Recepción analógicos

Un diagrama de bloques simplificado de un sistema de recepción analógico HDTV es como se muestra en la Fig. 4-5. La señal analógica recibida es demodulada y digitalizada para su procesamiento y descompresión, pero para el despliegue de la señal en la pantalla de televisión es convertida nuevamente a señal analógica.

los sistemas Narrow-MUSE y HD-MAC, utilizan transmisión analógica en sistemas de televisión HDTV, sin embargo de que en la actualidad la tendencia es hacia un mundo completamente digital, a estos sistemas se los ha considerado por estar vigentes en Japón y Europa respectivamente.

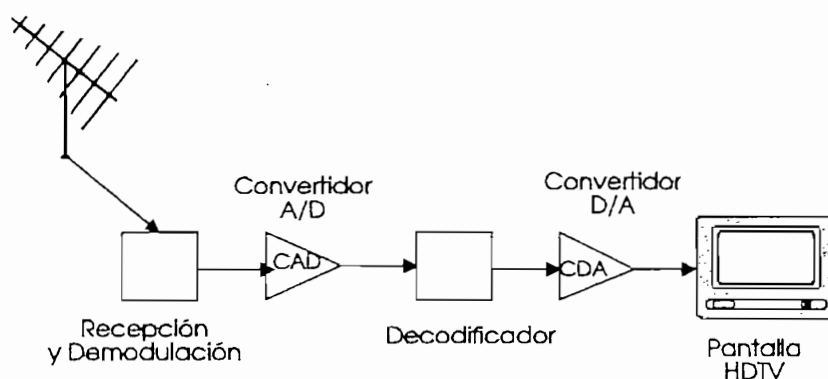


Fig. 4- 5 Diagrama de bloques de un sistema de recepción analógico.

#### i. Decodificador del sistema Narrow-MUSE y HD-MAC

La señal HDTV analógica que llega al decodificador del sistema MUSE, tiene que ser procesada de acuerdo a lo que se estudió en el numeral 2.2.1a; es decir, de acuerdo al grado de movimiento presente en la imagen. En la Fig. 4-6 se observa que la señal luego de la demodulación es digitalizada

nuevamente para su procesamiento, con una frecuencia de muestreo de 16.2 MHz, posteriormente las señales de video, audio y control son separadas.

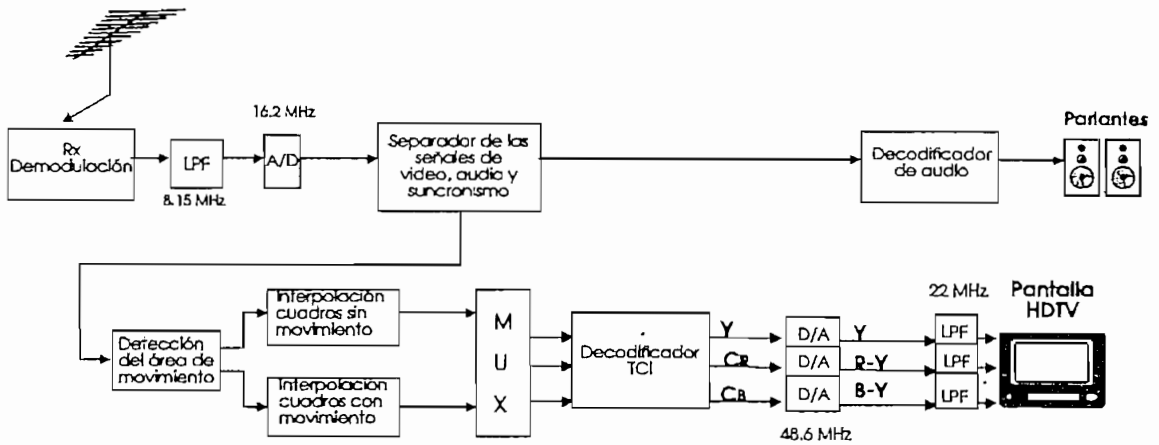


Fig. 4- 6 Decodificador del sistema Narrow-MUSE.

En las señales de video se detecta el área en movimiento, esto se realiza con un código que fue enviado en la parte de transmisión junto con la información de video; luego las partes en movimiento y las partes estáticas (las mismas que tienen diferente resolución) son interpoladas hasta tener la misma resolución original.

El decodificador TCI (Time Compression Integrator) une las partes estáticas y con movimiento de la imagen de manera que a la salida se obtiene las señales de luminancia Y y de color  $C_r$  y  $C_b$ . Estas señales se aplican a un convertidor D/A para obtener las señales Y, R-Y y B-Y.

El sistema Narrow-MUSE para ajustar la señal dentro del canal estándar de 6 MHz, usó en el transmisor un convertidor del número de líneas (de 1125 a 750), entonces el decodificador del sistema MUSE, añade a la salida un convertidor del número de líneas para expandir de 750 a 1125 como se muestra en la Fig. 4-7. Antes de su despliegue en la pantalla la imagen es convertida a señal analógica con una frecuencia de muestreo de 48,6 MHz.

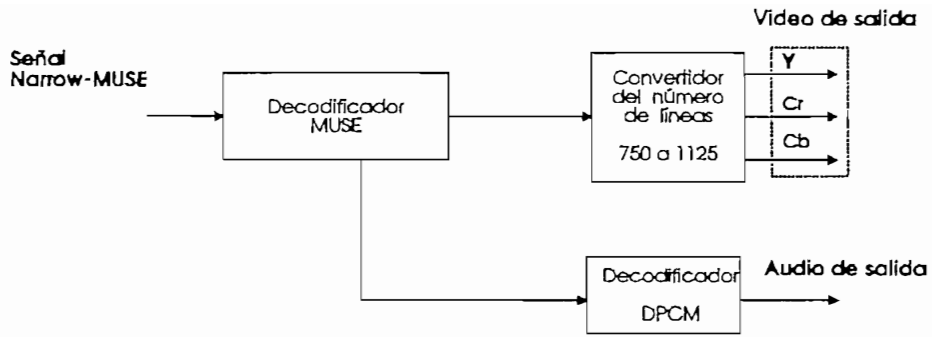


Fig. 4- 7 Convertidor del número de líneas de 750 a 1125 del sistema Narrow-MUSE.

Este sistema tiene la desventaja de no ser compatible con los receptores NTSC actuales, debido a que el número de líneas que el sistema Narrow-MUSE emplea (1125 líneas), no hace posible una fácil conversión de señales entre los dos sistemas.

Para el sistema HD-MAC la decodificación es similar al sistema Narrow-MUSE; en el receptor se toma la señal analógica y se convierte a digital para su procesamiento. Las señales de control de modo, multiplexada con la señal de video en los intervalos de borrado vertical, es la que informa al decodificador de uno de los tres modos de interpolación que da mejor aproximación a la señal original HDTV (Fig. 4-8).

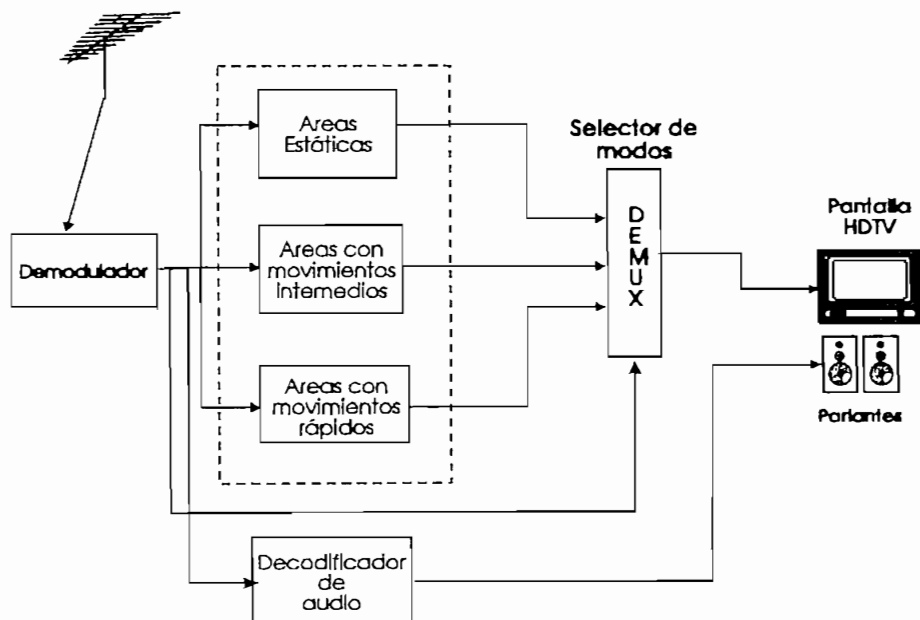


Fig. 4-8 Decodificador del sistema HD-MAC.



## b. Sistemas de transmisión Digitales

El CCIR reconoce que para transmitir HDTV el mejor camino es en un ambiente totalmente digital, consecuentemente la mejor opción para definir un estándar es en términos digitales.

En la Fig 4-9 se observa el diagrama de bloques simplificado de un sistema de recepción digital. La señal digital recibida es demodulada y descomprimida, finalmente es convertida a la forma analógica para el despliegue en la pantalla.

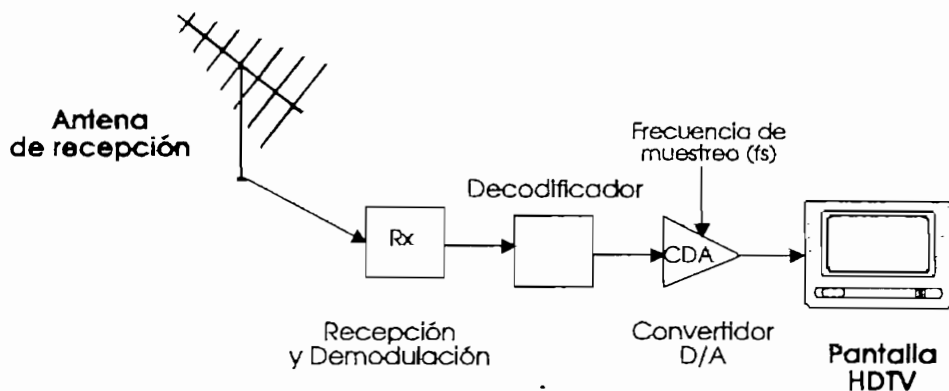


Fig. 4- 9 Diagrama de bloques de una sistema de transmisión digital

Si se toma en cuenta que el camino para mejorar la calidad de señales de televisión, es a través del uso de tecnología digital, entonces estos tres sistemas digitales en estudio serán la base para definir un estándar para HDTV.

### i. Decodificador del Sistema DigiCipher de American Television Alliance (ATVA - General Instruments & Massachusetts Institute of Technology)

El sistema DigiCipher en el decodificador emplea el mismo esquema que el codificador utilizó para generar la señal predicha; esto es, el error de la predicción que fue enviado junto con el vector de movimiento es decodificado; es decir, se realiza la recuantización inversa y la transformada

de coseno discreto inversa. A este valor se le suma el cuadro predicho, que se forma utilizando la compensación de movimiento sobre el cuadro anterior, el cual a través del vector de movimiento mueve los pixels del cuadro anterior a su nueva posición formando el cuadro actual predicho (Fig. 4-10).

Este proceso se realiza tanto para la señal de luminancia como para las dos señales de color; con la interpolación se restaura la resolución original de las señales de color, finalmente son convertidas a señales analógicas para el despliegue en la pantalla.

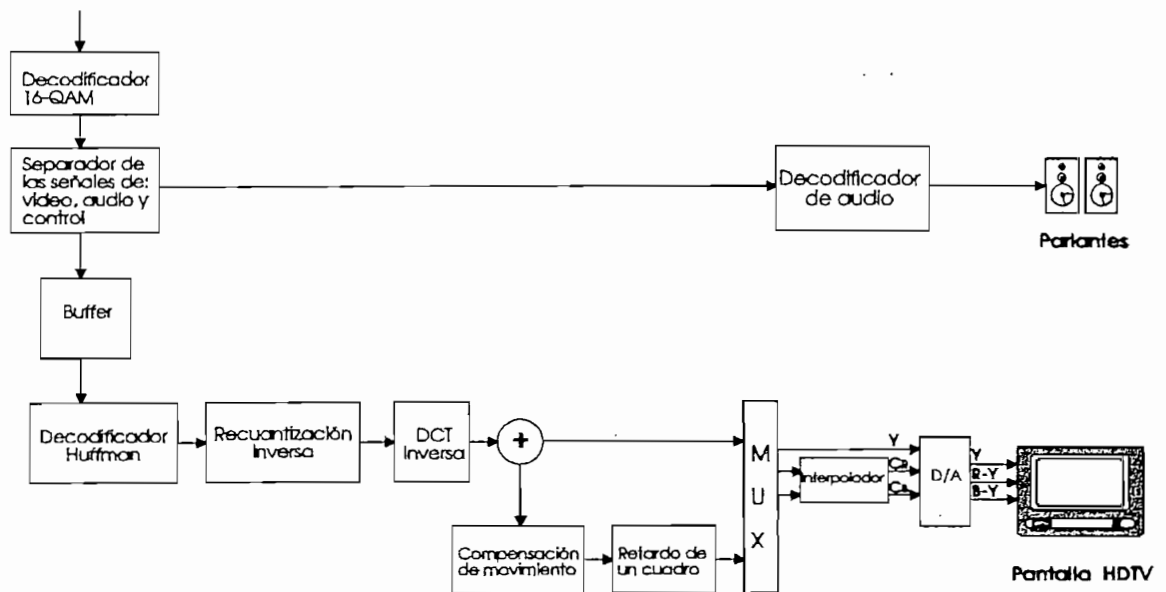


Fig. 4- 10 Decodificador del sistema DigiCipher.

Este sistema tiene la desventaja de que, al producirse un error sobre un cuadro determinado, y si éste se toma como base para crear el cuadro predicho para el siguiente cuadro, el error producido se propagará sobre cuadros consecutivos, que puede llegar a un punto tal que la imagen se pierda totalmente.

ii. **Receptor del Sistema de Televisión Digital Avanzada (*Advanced Digital Televisión ADTV*) del Consorcio de Investigación de Televisión Avanzada**

En la recepción (Fig. 4-11), para la decodificación el sistema ADTV mantiene la integridad del sistema realizando el proceso inverso al transmisor. Al receptor llega la señal 16 QAM, enviada dentro del canal estándar de 6 MHz y trabaja con datos que llegan de manera asincrónica.

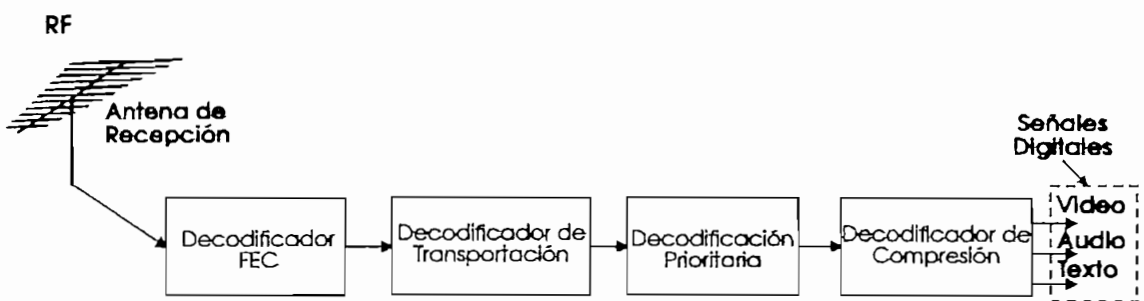


Fig. 4-11 Diagrama de bloques total del receptor ADTV

Después de la demodulación se realizan las operaciones para rastrear errores en los datos recibidos (demodulador FEC), a través de los bits de control que fueron transmitidos junto con la información; al calcular su síndrome, empleando los bits de control se obtienen los resultados sobre la existencia o no de errores en la señal recibida, para posteriormente realizar su corrección.

El decodificador de transportación identifica cada una de las secuencias recibidas y envía cada macrobloque al procesador de prioridad donde se elimina el rango de prioridad de la señal. Finalmente el procesador de video selecciona un macrobloque para el procesamiento de descompresión.

El sistema ADTV emplea el estándar MPEG (*Motion Picture Expert Group*) para la compresión y descompresión de la señal de video. El decodificador MPEG que se muestra en la

Fig. 4-12, comienza su operación identificando un campo "I" en el flujo de bits de entrada. Los campos "I" comprimidos espacialmente no tienen vectores de movimiento, sobre estos campos se realiza la decodificación del código Huffman para obtener los coeficientes, luego la recuantización inversa y finalmente la DCT inversa para producir una imagen. Los campos "I" también son almacenados para futuros procesamientos.

Después del campo "I" se tiene un campo "P", el cual incluye al error de predicción y al vector de movimiento para el caso de escenas en movimiento ó únicamente la diferencia entre las muestras para escenas estáticas; cualquiera de las dos formas que tenga el campo "P" serán debidamente procesadas; para el segundo caso se suprime el proceso de compensación de movimiento.

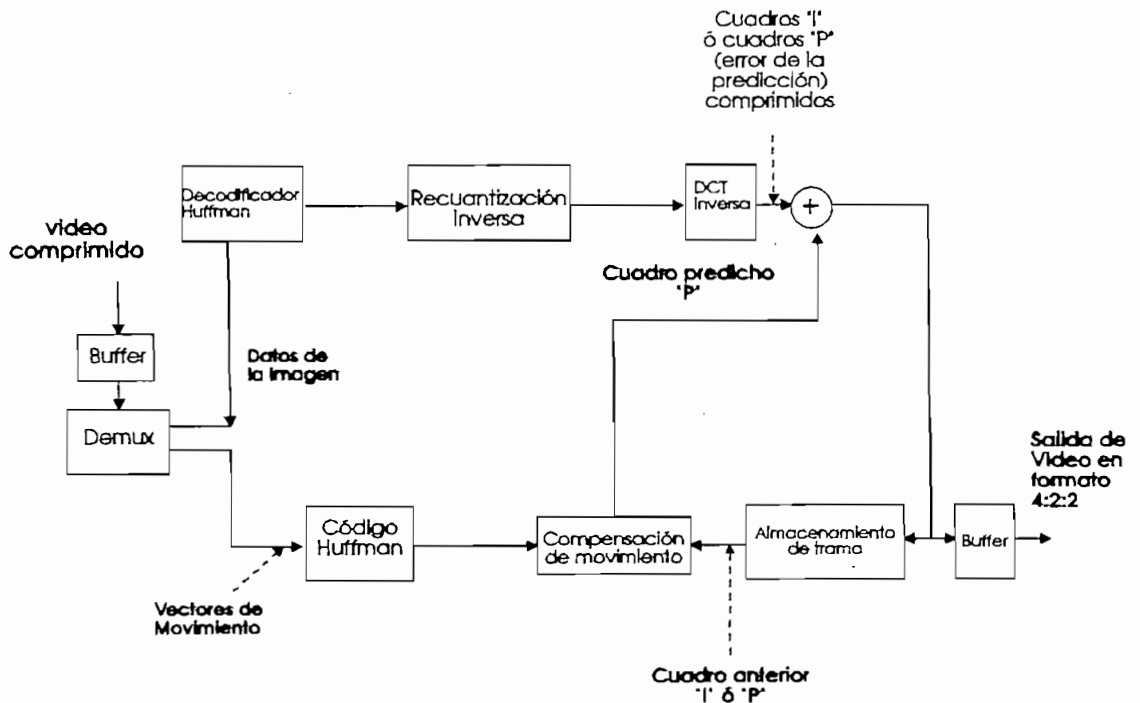


Fig. 4-12 Decodificador MPEG para el sistema ADTV

En escenas con movimientos rápidos, al vector de movimiento enviado se lo decodifica del código Huffman, para luego ser usado en la etapa de compensación de movimiento, en

la cual se mueven los pixels del campo "I" anterior para producir un campo predicho "X" (proceso idéntico al producido en el codificador).

Sobre el error de la predicción (campos "P") al igual que en los campos "I" se realiza la decodificación del código Huffman, recuantización y DCT inversa para producir un campo del error de la predicción. Este se añade al campo predicho "X" para generar un nuevo campo predicho "P", que también es almacenado y además pasa al buffer del campo.

Una vez que un número determinado de campos son almacenados en el buffer, ellos pueden ser leídos en el orden correcto, y son interpolados para pasar de formato 4:2:0 a Y, C<sub>R</sub> y C<sub>B</sub>. Finalmente estas señales son convertidas a señales analógicas Y, R-Y y B-Y para el despliegue en la pantalla de televisión.

### **iii. Receptor del Sistema Espectro Digital Compatible HDTV DSC (*Digital Spectrum Compatible*) de Zenith Electronics y AT&T**

La diferencia de este sistema con los anteriores es el uso de la exploración progresiva, para lo cual emplea 787.5 líneas, de esta manera produce una mejor resolución que los otros sistemas en competición.

El decodificador del Sistema DSC se muestra en la Fig. 4-13; al receptor llega la señal 4-VSB, enviada dentro del canal estándar de 6 MHz. Después de la demodulación se realiza el rastreo de errores en los datos recibidos, de esta manera se verifica la existencia o no de errores en la señal, para luego realizar la corrección.

Sobre los datos corregidos se realiza la descompresión, para esto se decodifica el vector de movimiento, que luego se utiliza en la etapa de compensación de movimiento para desplazar los pixels del campo anterior a su posición actual, a esto se le agrega el error de la predicción que fue enviado

y decodificado (cuantización inversa y DCT inversa) en el receptor (igual que el proceso seguido en el sistema DigiCipher).

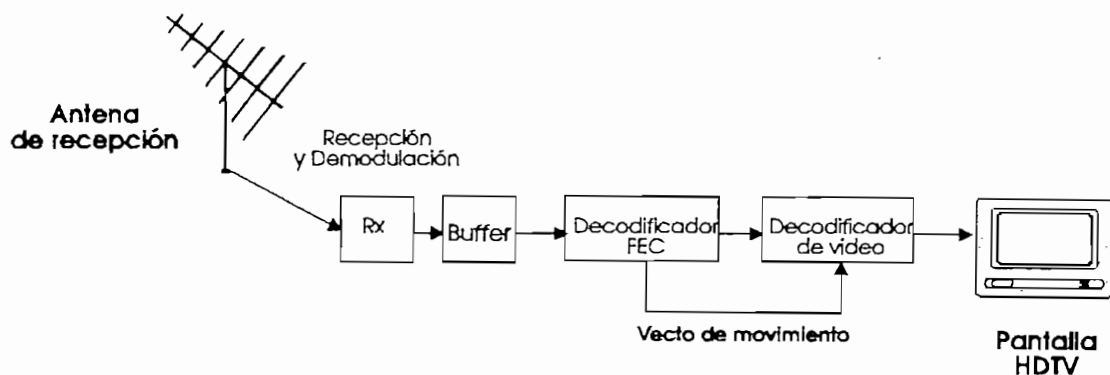


Fig. 4-13 Diagrama de bloques total del receptor DSC.

Cuando un número determinado de campos son almacenados en el buffer, son leídos en el orden correcto para convertir de formato 4:2:0 a 4:2:2. Antes del despliegue de la imagen en la pantalla de televisión para obtener las señales analógicas Y, R-Y y B-Y, las señales se muestrean a la misma frecuencia que en el transmisor (frecuencia de muestreo = 75.36 Mhz) [7].

## 4.2 Antenas de Recepción

Para la transmisión de canales de televisión HDTV digitales el mejor medio es la banda de UHF, porque contiene un mayor número de canales y las estaciones de TV en UHF son pocas y no interfieren con NTSC. La televisión digital ha sido ya difundida a considerables distancias en los Estados Unidos con resultados satisfactorios en UHF.

En las pruebas iniciales y estudios de propagación para HDTV en ATTC (*Advanced Television Test Center*), las antenas para televisión que captan las señales en VHF y UHF reciben con buena calidad la señal digital (a igual que las señales

analógicas); esto es realmente bueno para las propuestas HDTV, ya que si todas las pruebas realizadas a estos sistemas HDTV resultan satisfactorias y un estándar se emite, aproximadamente en 15 años las transmisiones de TV convencionales (NTSC, PAL, SECAM) finalizarán.

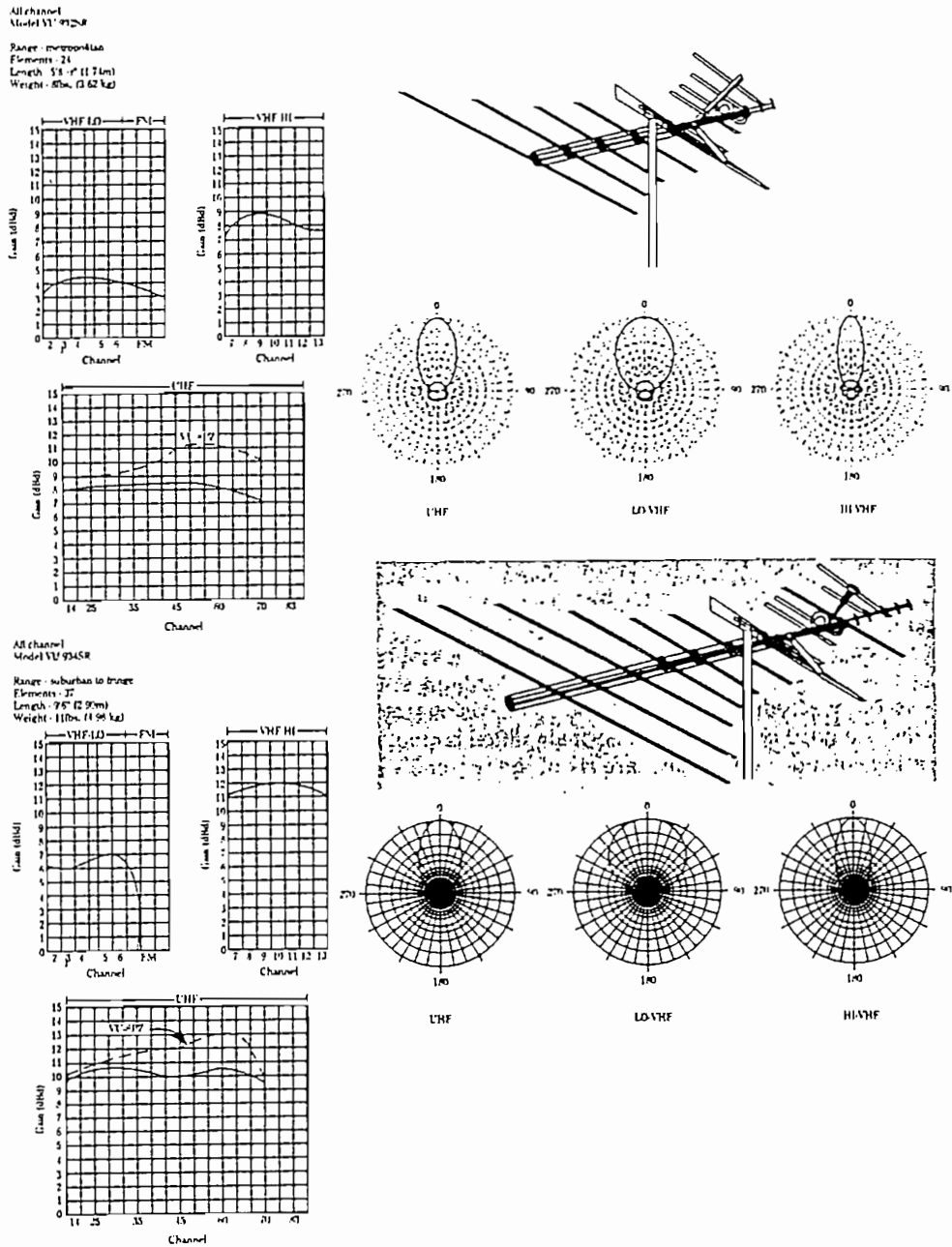


Fig. 4-14 Antena exterior convencional para recepción HDTV.

Adicionalmente, se requerirá de una antena exterior para cualquier recepción desde una distancia mayor a 30 Km desde la estación de TV (con una potencia de transmisión de 60 kW), o si se observan imágenes secundarias (fantasmas) en el receptor de televisión debido a la presencia de edificios altos o torres [6].

Un tipo de antena exterior para recepción HDTV utilizada en las pruebas de campo es como la que se observa en la Fig. 4-14.

### **4.3 Compatibilidad entre sistemas**

Históricamente, desde los años 50, época en que la televisión a color aparece comercialmente, se ha conseguido que el receptor en blanco y negro sea compatible con las transmisiones a color; con el transcurso de los años la comercialización de receptores en B/N ha disminuido pero no ha desaparecido totalmente. De igual manera sucederá con el sistema HDTV, el mismo que tiene que ser compatible con los receptores actuales, para que el cambio a un nuevo sistema sea paulatino y no afecte al televidente.

Con todos los desarrollos en tecnología para sistemas de televisión, lo que se desea es conseguir un solo estándar para poder facilitar el intercambio de información en todo el mundo, pero los problemas aparecen cuando varios países industrializados tienen su propia tecnología, y cada día la van perfeccionando; en consecuencia cada uno de los sistemas de televisión actuales como son: NTSC, PAL y SECAM, sacarán sus propios estándares de televisión de alta definición que se ajuste a sus requerimientos.

En los Estados Unidos se ha desarrollado un sistema en el cual un receptor común NTSC, acepte una transmisión HDTV y despliegue en forma HDTV (relación de aspecto 16/9), con una calidad igual o un poco menor respecto a una señal NTSC.



Otra posibilidad sería un sistema en el cual se modifique al receptor NTSC, a través de un adaptador para recibir la señal HDTV, pero el costo de tal modificación debería ser bajo para que esté al alcance del usuario. Sin embargo muchos televidentes pueden renunciar a la modificación y simplemente reemplazar su receptor cuando le sea posible. De esta manera conseguir la compatibilidad es la meta deseada, pero no se puede ignorar el costo al cual esto se logra y la pérdida de calidad de la imagen que se aprecia.

Puede darse el caso también de que no exista compatibilidad de HDTV con en el equipo receptor actual, en el cual el televidente se vería obligado a reemplazar su receptor convencional NTSC por uno HDTV, tal como sucedió en la evolución del radio AM a FM [3].

# CAPITULO 5

## Estudios Técnicos y Económicos

Después de haber analizado todos los sistemas HDTV, tanto en la parte de transmisión como recepción, se tiene ya una visión general de lo que es un sistema HDTV que emplea codificación digital y transmisión ya sea analógica ó digital, con las respectivas ventajas de usar un sistema completamente digital.

Los sistemas HDTV digitales que entraron en competición al Centro de Pruebas de Televisión Avanzada (ATTC) (estudiados en el capítulo 2 y 4) para obtener un estándar de HDTV en EE.UU, fueron sometidos a exhaustivas pruebas que consistieron en observaciones y comentarios de la calidad de la imagen recibida y mediciones básicas de la señal. Los resultados de estas pruebas fueron entregados a la FCC para su correspondiente evaluación y decisión sobre el mejor sistema para HDTV.

Cuando el sistema HDTV se emita comercialmente, todas las corporaciones de radiodifusión y televisión quisieran que el nuevo equipo se oferte a un precio conveniente, por tal razón la industria de semiconductores tiene una ardua tarea en conseguir que el hardware empleado sea eficiente y barato.

## 5.1 Tendencias de desarrollo de HDTV

En la actualidad se están investigando esquemas de procesamiento y transmisión para HDTV totalmente digitales, con varias resoluciones y velocidades de transmisión.

HDTV digital tiene muchas ventajas, la más importante es la flexibilidad; es decir, debido a que la señal se representa por una secuencia de ceros y unos, puede ser procesada digitalmente en cualquier forma de acuerdo a las necesidades de las aplicaciones, de esta manera se obtiene la compatibilidad con redes digitales y estaciones de trabajo multimedia con despliegue a altas resoluciones para manipular video en movimiento; de esta manera en un solo equipo se procesarán: datos, voz y video; por esto es importante una representación óptima del video en movimiento para computadoras.

Actualmente se tiene la facilidad de la videoconferencia, y si esta utiliza todas las ventajas de la codificación y despliegue de alta resolución, dará al espectador la sensación de realidad.

Una de las ventajas del desarrollo de HDTV es que brinda al espectador la sensación de estar inmerso en la imagen, produciendo el mismo efecto que se obtiene al estar situado delante de una pantalla de cine, en términos técnicos, la imagen de HDTV cumple perfectamente las especificaciones de formato de una película de 35 mm en cuanto a resolución, tanto horizontal como vertical, e incluso la mejora.

Estos cambios substanciales producen un efecto sorprendente en las diferentes áreas de la industria profesional y sobre sus aplicaciones, abriendo nuevas perspectivas de utilización de estos equipos en aplicaciones no específicas de broadcast, como pueden ser: comerciales, educativas, médicas, industriales, etc.

Además de la función básica que es la recepción de una imagen de televisión, existe un amplio margen de aplicaciones que se pueden dar con HDTV como son:

#### **a) Producción Cinematográfica.**

Se considera como una de las aplicaciones de mayores posibilidades para HDTV. Cuando un director realiza su película en este formato tiene la posibilidad de visualizar de forma inmediata lo que está grabando, con la facilidad de corrección; por el contrario cuando se utiliza película fotográfica, esta debe ser revelada primero para observar los resultados. El ahorro económico es evidente, pues no se necesita reorganizar la filmación en caso que se requiera repetir las escenas. Además, con técnicas de HDTV es posible transmitir directamente la señal que se está grabando a un centro de producción en tiempo real, lo que permite una monitorización del proceso y un montaje de la película en menor tiempo.

#### **b) Publicaciones y Prensa.**

Es notorio el avance que para los medios periodísticos han tenido las técnicas electrónicas e informáticas; actualmente se imprime gran cantidad de material fotográfico, e incluso imágenes tomadas de otros medios audiovisuales pero la calidad actual de estas imágenes es pobre. Con la aparición de HDTV, gran parte de los problemas de pérdida de calidad al pasar la imagen a un medio impreso desaparecerán, porque se han desarrollado técnicas que capturan la imagen, la almacenan en un ordenador y con ayuda de programas son transferidas al papel sin pérdida aparente de calidad.

De igual modo la industria fotográfica en general puede verse modificada por las técnicas de HDTV. No será necesario la película fotográfica, sino que una cámara y un digitalizador pueden traducir a papel una foto con

calidad asombrosa.

### **c) Aplicaciones Médicas.**

Las técnicas informáticas aplicadas a la medicina, han tenido un avance considerable y la tecnología de alta definición es considerada de gran utilidad para los siguientes apartados:

- Bases de datos médicas.- Varios hospitales unidos mediante redes de datos, pueden compartir experiencias, fotografías detalladas e intercambio de información de forma práctica y eficiente.
- Unificación de sistemas de exploración y visualización.- Con tecnologías de HDTV, se pueden implementar técnicas de exploraciones radiológicas, microscopía electrónica, escanners, etc. con una gran resolución y con la ventaja de integrar los sistemas de visualización.
- Educación.- Posibilidad de ofrecer operaciones en directo, exposición detallada de imágenes, bases de datos médicas, etc. Todas aquellas aplicaciones médicas que requieren métodos audiovisuales, se podrían tener de forma rápida, mediante estas técnicas. Estudios detallados, han demostrado que el gran realismo producido por las imágenes de HDTV proporciona medios eficientes para la obtención de información y el consiguiente aprendizaje.

### **d) Educación.**

En general todas aquellas aplicaciones que en gran parte necesiten de medios audiovisuales, pueden aumentar su eficiencia mediante la tecnología de HDTV: museos, zoológicos, universidades, centros de investigación, centros de exposiciones, etc. donde imágenes de alta calidad pueden dar excelentes características de

visualización proporcionando un método sencillo para el aprendizaje.

#### **e) Aplicaciones de observancia y vigilancia.**

Los sistemas de HDTV proporcionan un entorno unificado para la generación de imágenes: los satélites de exploración podrían proporcionar imágenes con mejor calidad que las actuales.

Del mismo modo esta mayor resolución permitiría en sistemas de vigilancia la rápida detección de errores y defectos de funcionamiento; por ejemplo, en centrales nucleares, o en centros donde exista algún riesgo que deba ser monitoreado y controlado.

## **5.2 Ensayos realizados**

Las pruebas para HDTV fueron realizadas por el Centro de Pruebas de Televisión Avanzada (*Advanced Television Test Center* ATTC) en Charlotte, Carolina del Norte, los resultados enviados luego a la FCC (*Federal Communication Commission*) para evaluar las ventajas y desventajas de cada sistema HDTV y desarrollar una recomendación para el sistema de radiodifusión de televisión avanzada que reemplazará en un futuro al sistema actual (NTSC).

La FCC seleccionará un sistema completamente digital como un estándar para HDTV; entonces en el ATTC, únicamente fueron probados los sistemas que emplean codificación y transmisión digital como son: un sistema de General Instruments, uno del Consorcio de Investigación de Televisión Avanzada y uno de Zenith y AT&T (estudiados en los capítulos 2 y 4).

La primera meta de estas pruebas es la de verificar el desempeño y operabilidad del sistema HDTV seleccionado bajo

condiciones reales. Un segundo objetivo importante es obtener un mejoramiento sustancial de HDTV con respecto a NTSC.

### 5.2.1 Antecedentes de los ensayos

El Centro de pruebas de televisión avanzada (ATTC), invirtió USD\$ 5'000000 para evaluar las propuestas de HDTV, suministradas por fabricantes en el área de televisión, cada uno de ellos aportó con USD\$ 300000 para los requerimientos de las pruebas; de esta manera, fue necesario una gran cantidad de dinero y un máximo esfuerzo para completar las pruebas [6].

En la Fig. 5-1 se observa un diagrama de bloques funcional del equipo utilizado en las pruebas para HDTV, que corresponde a:

- video-caseteras, que proporcionan determinadas imágenes estáticas y con movimiento seleccionadas para las pruebas.
- Convertidor de formato ATTC, esto se emplea para poder utilizar los codificadores de los diferentes sistemas; este convertidor fue creado por el ATTC y construido por Tektronix INC, el cual lee automáticamente el formato y permite una adecuada conmutación de un formato a otro.
- Codificadores y moduladores proporcionados por los competidores, así como también los decodificadores y demoduladores respectivos.
- La transmisión se realizó sobre el canal 53 (704-710 MHz), que opera con un transmisor COMARK de 60 kW y una antena UHF de alta ganancia montada en la parte superior de la torre (mayores especificaciones de esta antena se encuentra en el numeral 3.2.1, Fig. 3-10 a 3-13).
- Un televisor HITACHI de 65" con relación de aspecto 16/9, puede desplegar en su pantalla varias resoluciones e

imágenes codificadas de cualquiera de los cuatro formatos HDTV digitales.

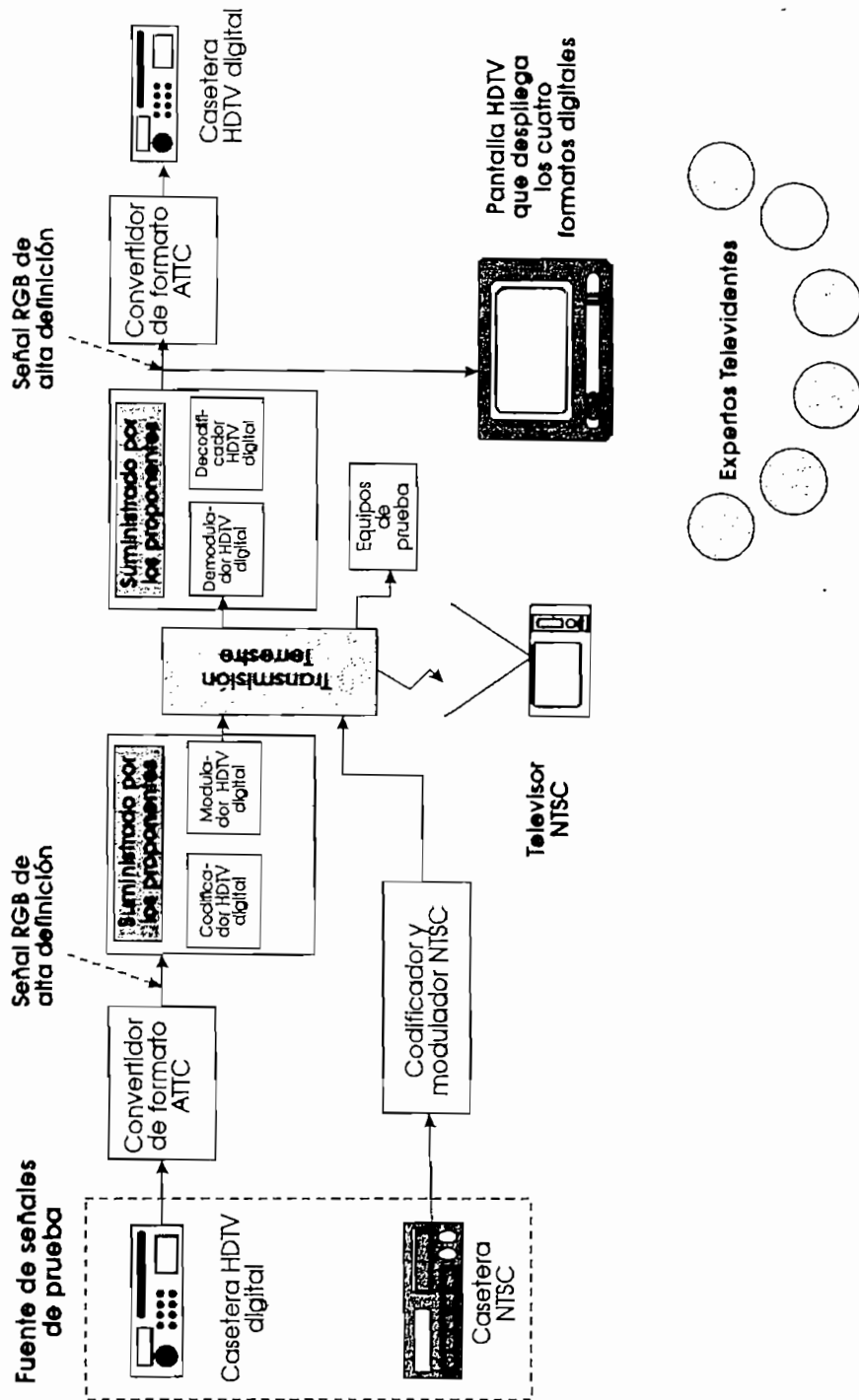


Fig. 5- 1 Diagrama de bloques funcional de las operaciones de prueba para los sistemas HDTV digitales.

- Un televisor NTSC de 35" junto con el televisor HDTV para verificar la existencia o no de interferencia de HDTV dentro de NTSC.



- Además se requiere equipo para mediciones de la señal como son: analizadores de espectro, osciloscopios, monitores de forma de onda, computadoras personales, etc.

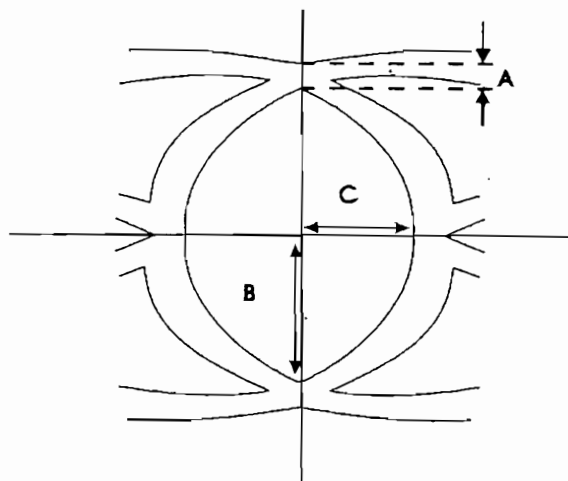
Debido a que el equipo y la naturaleza de las pruebas de campo son limitadas, las pruebas se basaron especialmente en observaciones y comentarios de la calidad de la imagen y sonido recibidas y el deterioro que sufre la señal en el medio de transmisión mediante mediciones de señales básicas.

Dentro de las pruebas se destacaron las siguientes:

- Pruebas de evaluación de la calidad de la imagen, para lo cual un grupo de observadores expertos de imágenes de televisión se ubicaron dentro de un ángulo de visión de  $60^\circ$  del receptor de pantalla ancha; estos observadores examinaron las imágenes de prueba desde varias distancias; en algunos casos se requirieron observaciones muy cerradas para describir adecuadamente un efecto particular. Las señales de prueba consistieron de una gran cantidad de imágenes estáticas y con movimiento, que fueron transmitidas para facilitar las observaciones en los diferentes lugares determinados para las pruebas, de esta manera para su observación y evaluación se requirió mucho tiempo.
- En las pruebas de propagación, los puntos de la constelación de la señal HDTV digital con modulación 16-QAM, fueron visualizados inmediatamente (cuando se inicia la transmisión) sobre la pantalla de la computadora para inspección visual y luego fue comparado con lo que se obtuvo en la parte de recepción, de igual manera se lo realizó con la modulación VSB que emplea únicamente el sistema DSC (*Digital Spectrum Compatible HDTV*); esto se hace para ver la eficiencia de cada sistema bajo condiciones ambientales reales.

Con el diagrama de la constelación de una señal digital modulada se obtiene el diagrama del ojo, lo cual es un

sistema práctico para analizar la interferencia intersímbolo y ruido de una señal digital recibida. Este diagrama se observa con un osciloscopio poniendo la señal en el eje vertical, y en el horizontal un barrido de frecuencia  $1/T$ , en el osciloscopio se tendrá una superposición de imágenes que producen una figura semejante a la de un ojo (Fig. 5-2).



- A Distorsión en el instante de muestreo
- B Margen de defensa contra el ruido
- C Margen contra errores en el muestreo

Fig. 5- 2 Diagrama del ojo

De esta manera se puede extraer mucha información de las características del sistema transmisor, así el efecto de interferencias intersímbolo, ruido u otras alteraciones se manifiesta como una disminución de la apertura del ojo, e incrementa la probabilidad de error. El área del ojo representa la zona de los puntos en la que es posible el trabajo del regenerador, entonces el centro será la mejor condición de trabajo para el regenerador y mientras más grande sea la apertura del ojo, más grande será la tolerancia a variaciones admitidas [21].

### 5.2.2 Resultado de los ensayos

Las pruebas de evaluación que empezaron en 1991 y finalizaron 3 años más tarde dieron los siguientes resultados:

- La calidad de la señal recibida de los sistemas HDTV digitales es superior a la que se tiene actualmente en el sistema NTSC; sin embargo, el sistema de *American Television Alliance* (ATVA), algunas veces presentó baja calidad de la señal recibida, este hecho se debe especialmente a la forma de procesamiento de la señal de video.
- Los complejos codificadores y moduladores empleados por los sistemas HDTV digitales propuestos no contribuyeron significativamente a la distorsión de la señal transmitida; además cada sistema emplea una adecuada circuitería para corrección de error que compensa la distorsión debido a la propagación terrestre. De esta manera los componentes del sistema de transmisión redujeron estas distorsiones y el receptor recobró la imagen y sonido original sin degradaciones.
- El BER fue calculado basado en la captura de los puntos de la constelación mostrado como una función de la relación portadora/ruido (C/N) para los dos tipos de modulación (16-QAM y 4-VSB) como se muestra en la Fig. 5-3.
- La evaluación de la interferencia intersímbolo (ISI) fue examinado por el patrón o diagrama del ojo, el cierre en el patrón resulta en un incremento del BER; esto fue realizado en diversos lugares donde se instalaron los equipos de prueba, obteniéndose los resultados que se muestran en la Tabla 5.1.
- El desempeño de los sistemas NTSC y HDTV fue probado en 200 lugares diferentes, obteniendo que para NTSC se observó su habitual incremento en el nivel de ruido con la distancia desde el transmisor; las imágenes HDTV digitales permanecieron completamente libres de degradación de la imagen hasta el límite del nivel de ruido.

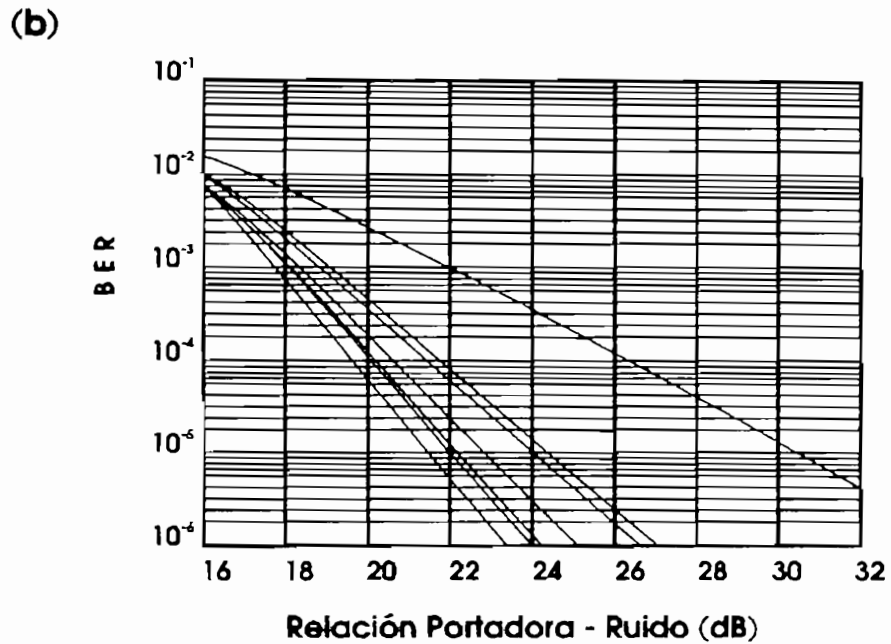
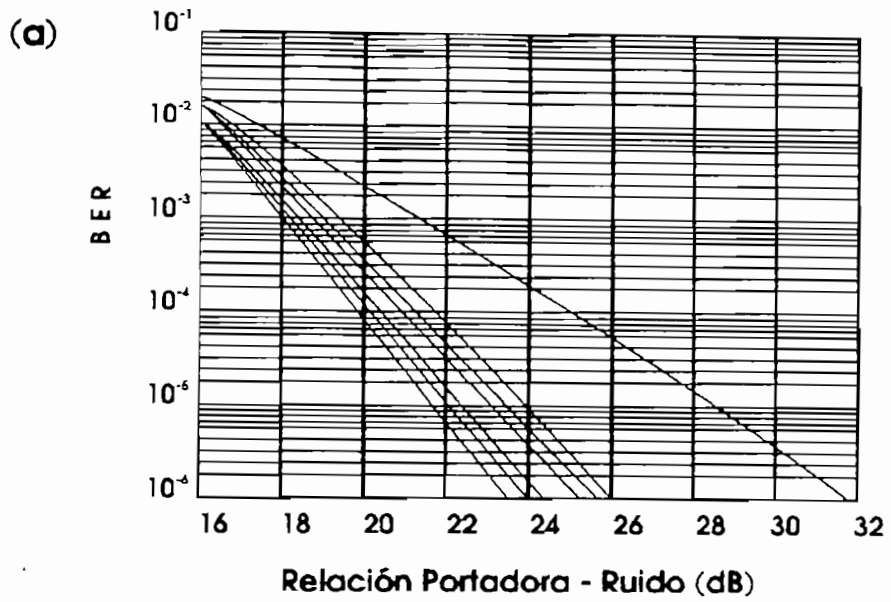


Fig. 5- 3 Mediciones del BER en función de la relación C/N para a) 16-QAM b) 4-VSB.

Localización del lugar de prueba (desde la estación transmisora).	Porcentaje de cierre del ojo para la modulación 16-QAM. (%)	Porcentaje de cierre del ojo para la modulación 4-VSB. (%)
a 50 Km	14.7	15.9
a 70 Km	19.9	23.3
a 90 Km	20.9	24.4

Tabla 5. 1 Porcentaje del cierre del diagrama del ojo medidos en diferentes lugares para modulación 16-QAM y 4-VSB.

- Los sistemas de radiodifusión NTSC y HDTV digital estuvieron sujetos a muchos deterioros en la transmisión, tales como:

a) Ruido, que se manifiesta como nieve sobre la imagen recibida.

b) Distorsión multipunto, que se manifiesta como fantasmas o imágenes superpuestas.

c) Interferencia co-canal, que se manifiesta como una barra sobre la imagen.

Las pruebas de campo confirmaron el buen desempeño de los sistemas HDTV digitales bajo condiciones ambientales reales debido a la utilización de nuevo equipo para la cancelación de imágenes fantasmas. El sistema NTSC exhibió "artifacts"; es decir, imágenes fantasmas, nublamiento, parpadeos etc, típicos de un sistema de transmisión analógico con modulación en amplitud.

Las pruebas de campo demostraron el buen desempeño de los sistemas HDTV digitales con modulación 16-QAM, bajo condiciones ambientales reales, y con las facilidades para radiodifusión normal, condiciones que distorsionan severamente las transmisiones NTSC. Los resultados muestran que la utilización de transmisión digital para HDTV no interfiere con las transmisiones para NTSC, esto haría posible que exista un período de radiodifusión simultánea para HDTV y NTSC [6].

A. El reporte de estas pruebas fue enviado a la FCC para su evaluación final; la FCC por su parte, anunció que se producirá un único sistema de televisión de alta definición digital, aprovechando los mejores elementos de los tres sistemas HDTV digitales propuestos, las pruebas realizadas a estos sistemas culminaron a finales de 1995 obteniéndose significativos mejoramientos en la calidad de la imagen con respecto a los sistemas propuestos; sin embargo, hasta la

culminación del presente trabajo la FCC no ha emitido un estándar para HDTV digital que operará en América desplazando al sistema NTSC actual [22].

### 5.3 Factibilidad

Los estudios de factibilidad se refieren a dos posibilidades:

- La implementación de una estación nueva para la radiodifusión únicamente de HDTV digital, en tal caso el problema sería encontrar un espacio físico para colocar al equipo de transmisión (transmisor, línea de transmisión y la torre de soporte de la antena).
- Y la posibilidad de que una estación de televisión que utiliza el estándar actual (NTSC), pueda implementar el sistema HDTV digital utilizando el mismo espacio físico (especialmente la torre que soporta a la antena y línea de transmisión).

En el primer caso, si para colocar la antena se encuentra espacio en una torre ya existente, se deberían hacer estudios de la torre para analizar la sobre carga añadida debido a la línea de transmisión y a la antena, al igual que en el segundo caso; entonces, los estudios de factibilidad incluyen:

- Análisis estructural de la torre existente.
- Reconfiguración del espacio en la torre para proveer espacio para la antena de HDTV.

Otro parámetro importante para la decisión de implementación del estándar HDTV digital es el costo total del sistema que se analiza en el siguiente numeral.

## 5.4 Costos

Con todas las ventajas de la televisión digital que se han estudiado, un problema es el aumento en la complejidad de la implementación, que resultará en un costo más elevado del equipo tanto de la estación transmisora como del equipo receptor; entonces HDTV digital presenta un reto a la industria del semiconductor para proveer circuitos integrados muy rápidos y baratos. La tecnología en Arseniuro de Galio (GaAs) es prometedora, especialmente por su bajo costo y alta densidad de integración.

Para la implementación del codec (codificador y decodificador) se debe tomar en cuenta el costo, lo cual aumenta con el factor de compresión (en transmisión de televisión digital, la compresión se usa para reducir el ancho de banda requerido para cada canal y de esta manera hacer un uso eficiente del ancho de banda), entonces se da un compromiso entre el factor de compresión y el costo, especialmente del receptor, para que su introducción en el mercado no sea tan costosa.

La implementación de las técnicas de compresión en circuitería VLSI ha llegado a un nivel de desarrollo tal que ya es conveniente su utilización. El gran volumen de circuitos requerido para aplicaciones de consumo popular, darían la posibilidad de tener un receptor de bajo costo.

El sistema HDTV digital tiene que procesar aproximadamente 1.2 Gbps en tiempo real y producir excelente calidad de la señal de video. Por lo tanto, se requiere que el hardware empleado sea extremadamente rápido, de arquitectura VLSI y además barato, especialmente para el receptor; de este modo se debe incorporar algoritmos asimétricos en los cuales la complejidad del decodificador sea menor que el codificador.

En definitiva tener una respuesta concreta en cuanto a los costos totales del sistema no es posible por ahora ; sin embargo, serán menores que las ofertas propuestas hace pocos años. Por tal razón se realizará únicamente un estudio estimado de los costos.

### 5.4.1 Costo de la estación transmisora

Para implemetar el sistema HDTV digital ya sea en una estación de televisión nueva ó en una ya existente, se requiere una reconfiguración total del sistema, porque desde el momento mismo de la captura de la imagen en la cámara HDTV se tiene un despliegue de alta resolución (1050 líneas, relación de aspecto 16/9); por lo tanto, una mayor cantidad de datos serán procesados a altas velocidades.

En la Fig. 5-4 se observa el diagrama de bloques de la configuración básica de una estación de televisión que emplea alta definición.

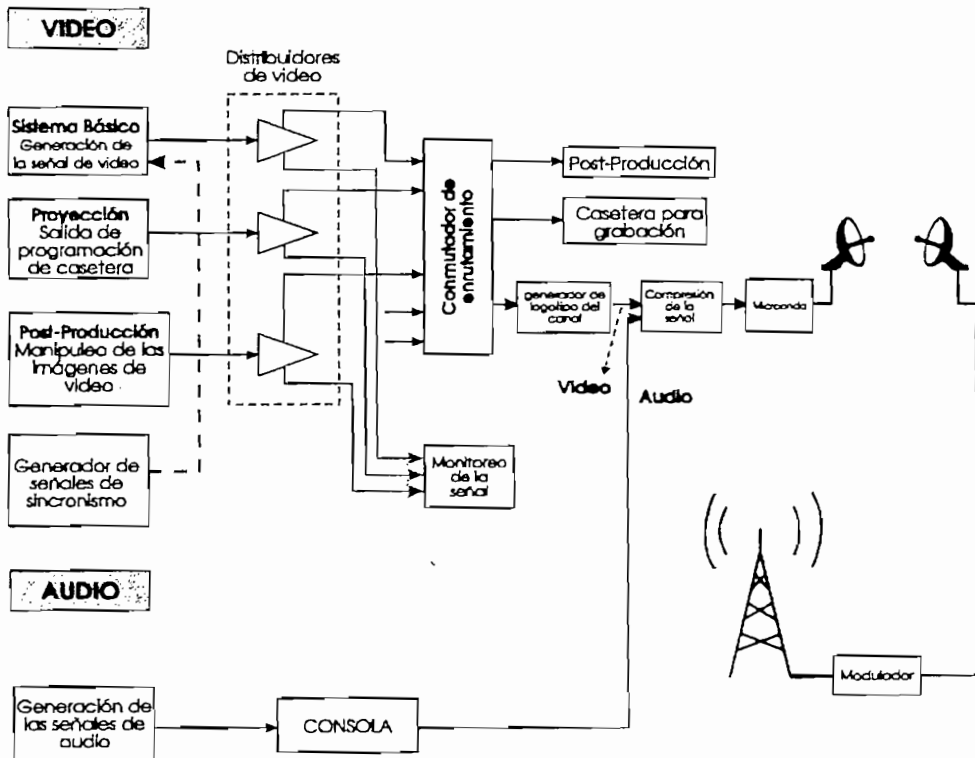


Fig. 5-4 Diagrama de bloques de una estación de televisión HDTV.



Para determinar el costo total aproximado se analiza cada bloque por separado:

- a) Sistema básico.- Está formado por la parte de generación de la señal de video; es decir, la captura de las imágenes por la cámara ó salida de video de casetera. Dentro de este sistema las señales llegan a un conmutador donde se selecciona la cámara o casetera que va a salir al aire o que se va a grabar (Fig. 5-5).

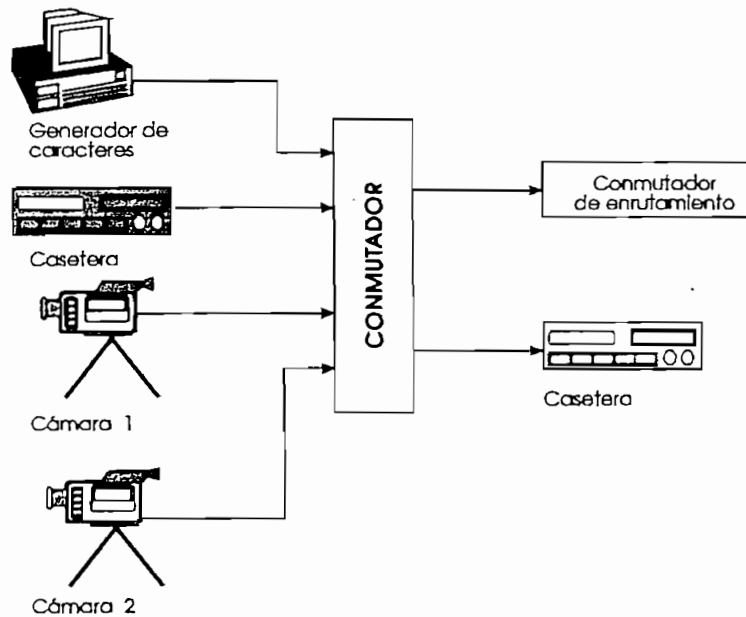


Fig. 5-5 Generación de la señal de video.

En la tabla 5.2 se especifica el costo del sistema básico por unidad.

Equipo	Precio USD\$
Casetera	10.000
Cámara	14.000
Generador de caracteres	2.000
Conmutador	20.000
TOTAL	46.000

Tabla 5.2 Costo del sistema básico

- b) Proyección.- En este bloque la programación que va al aire sale de una casetera como se observa en la Fig. 5-6.

La botonera previa es para monitorear la señal y la botonera de programa envía la señal a la etapa de transmisión.

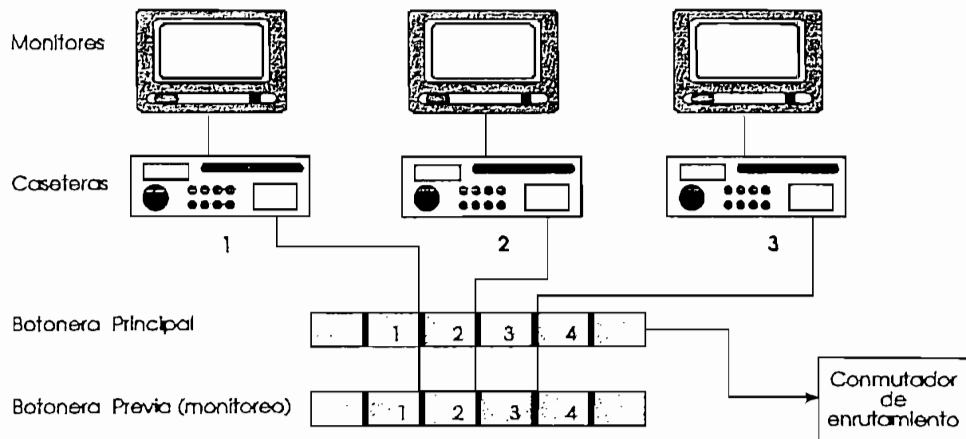


Fig. 5-6 Diagrama de bloques del sistema de proyección.

En la tabla 5.3 se especifica el costo del sistema de proyección por unidad.

Equipo	Precio USD\$
Casetera	10.000
Monitores	3.000
Botonera	400
TOTAL	13.400

Tabla 5.3 Costo del sistema de proyección.

- c) Post-producción.- Con la ayuda de un generador computarizado de efectos especiales crea las sobreimposiciones en las imágenes y diferentes efectos artísticos de presentación (Fig. 5-7).

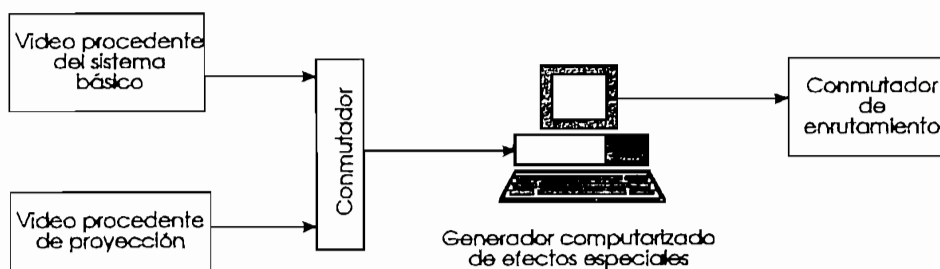


Fig. 5-7 Diagrama de bloques de Post-producción.

En la tabla 5.4 se especifica el costo del sistema para post-producción.

Equipo	Precio USD\$
Computador (Generador de efectos especiales)	15.000

**Tabla 5.4 Costo del sistema para post-producción**

- d) Generador de señales de sincronización.- El equipo *SPG 1000 HDTV Sync Generator* es un sistema para varios formatos, además provee señales de prueba como barras de color (mayores detalles ver Anexo D).

En la tabla 5.5 se especifica el costo aproximado del generador de señales de sincronización.

Equipo	Precio USD\$
Gererador de señales de sincronismo	4.000

**Tabla 5.5 Costo del Generador de sincronismo.**

- e) Monitoreo de la señal.- Para este proceso se utiliza el monitor de forma de onda de alta definición, en el cual se visualiza las características de las señales HDTV digitales. El 1735 HD Multi-Format soporta múltiples formatos como son: 525/60/2, 1050/60/2, 787/60/1, 1125/60/2 (Ver Anexo D).

En la tabla 5.6 se observa el costo del equipo para monitoreo de la señal.

Equipo	Precio USD\$
Monitor de forma de onda	2.000

**Tabla 5.6 Costo del monitor de forma de onda.**

f) Costo otros equipos:

Equipo	Precio USD\$
Distribuidores de video	5.000
Distribuidores de audio	5.000
Enrutadores digitales	30.000
Botonera	400
Generador del logotipo	10.000
Codificador de video	10.000
Equipo de comunicación interna del canal.	5.000
Consola de audio	4.000
Fibra óptica	2.000
Otros gastos	50.000
<b>TOTAL</b>	<b>121.400</b>

Tabla 5.7 Costo de otros equipos.

- g) Sistema de transmisión.- Si la estación fuese colocada en nuestra ciudad (Quito), por su condición geográfica es necesario que desde la estación de televisión se mande la señal al Pichincha vía microonda para desde allí radiar la señal normalizada y cubrir el área prevista. Para realizar este proceso se requiere el siguiente equipo (Tabla 5.8):

Equipo	Precio USD\$
- Microonda (Tx) 223B 3W/12W 1.7-2.7 GHz.	16.000
- Microonda (Rx) 200B.	13.000
- Antenas de enlace Tx y Rx Mod. AT40-596.	2.000
- Transmisor de potencia: T-U10/S-S de estado sólido, 10 kW.	375.000
- Cable de 3" Air Dielectric Heliax ANDREW Mod. J8-50B. Precio por metro \$96. Se considera la longitud del cable unos 50 metros aproximadamente. (Ver Anexo C).	50.000
- Conector para 3" macho ANDREW Mod. 78ARM. (Ver Anexo C).	460
- Conector para 3" hembra ANDREW Mod. 78ARF. (ver Anexo C).	460
- Antenas tipo panel 4 dipolos Mod. AT15-240, valor unitario \$874. Se realiza un arreglo de 4 paneles (ver Anexo B).	3.500
<b>TOTAL</b>	<b>460.420</b>

**Tabla 5.8 Costo del sistema de transmisión.**

El costo total aproximado de una estación HDTV por equipos será (costo Tabla 5.2 - 5-8): USD\$ 660000 (sin tomar en cuenta los gastos de instalación), que comparado con el precio por equipos de una estación NTSC (USD\$ 1'000000) es menor, pero tiene que estar claro que se analizó el costo por equipos; entonces, el costo total del sistema depende de los requerimientos de la estación para la adquisición de más equipos.

Para HDTV digital se requiere menor número de equipos debido a la naturaleza de la señal, pero aumenta la complejidad circuital del procesamiento y por consiguiente el costo.

## 5.4.2 Costo del equipo para recepción

Los receptores digitales serán muy complejos y caros en un inicio en relación a su contraparte analógica, pero al igual de lo que sucedió cuando se introdujeron en el mercado los receptores a color y las computadoras personales cuyos costos fueron elevados y pocas personas tenían acceso, paulatinamente su costo fue descendiendo con el desarrollo de la tecnología, hasta tener en nuestros días mayor facilidad de adquisición por los costos razonables en el mercado.

Sin embargo; la corporación electrónica Zenith, uno de los socios del sistema DSC (*Digital Spectrum Compatible*) y principal grupo de investigación de HDTV dentro de la FCC, ha desarrollado con la compañía GoldStar un receptor para televisión de alta definición cuyo precio aproximado será de \$2000 y un nuevo grabador de video digital, el cual grabará y correrá tanto estándares HDTV como NTSC. Para alta definición la máquina grabará video codificado digitalmente combinado con señales de audio y datos provenientes del receptor antes de la descompresión. La velocidad de datos en este punto es de aproximadamente 21 Mbps.

Para correr la cinta y desplegar la imagen en la pantalla la señal reingresa al receptor para la corrección de errores, descompresión y conversión D/A.

En la Fig 5-8 se muestra como la casetera es incorporada en el sistema de recepción, este es un arreglo muy económico porque no necesita realizar la compresión o descompresión de video, ya que toda la circuitería está en el receptor.

El HD-VCR grabará y correrá dos horas de programación en el casete estándar ST-120 Super VHS; el precio estimado de esta casetera será de \$1000 cuando se introduzca en el mercado.

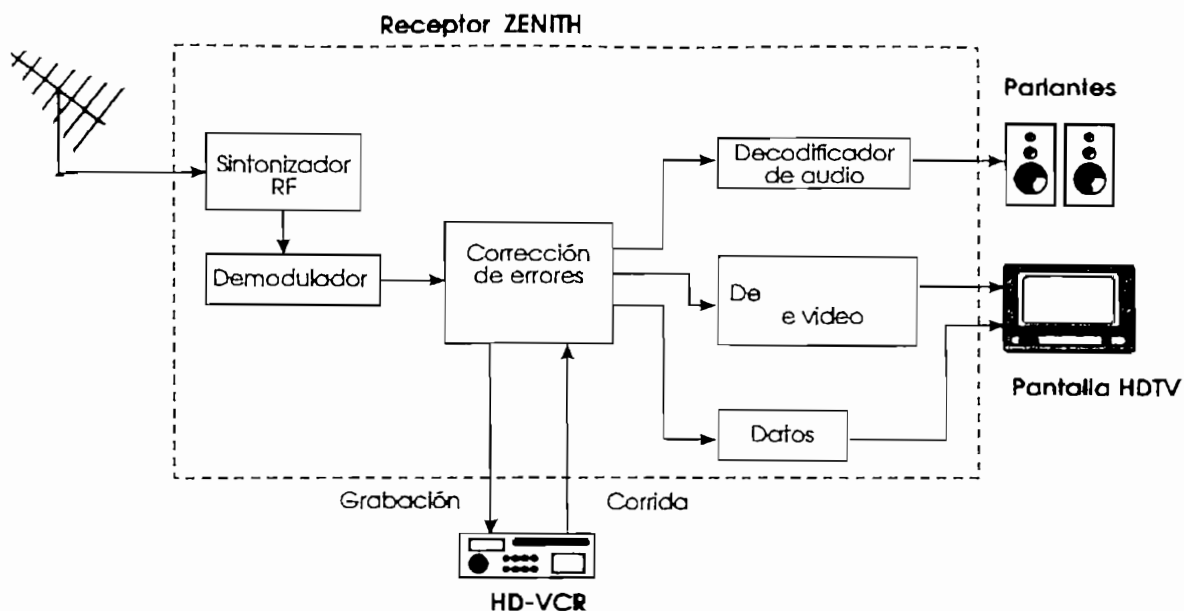


Fig. 5-8 Diagrama de bloques de un receptor de alta definición que incluye la casetera (HD-VCR).

De este modo para un usuario el costo del sistema de recepción sería:

Equipo	Precio USD\$
Televisor	2.000
Casetera	1.000
TOTAL	3.000

Tabla 5.9 Costo del equipo receptor.

Y si además requiere de una antena exterior con las características de la antena anotada en el numeral 4.3 debido a la ubicación ó distancia desde la estación transmisora el precio total sería de USD\$ 3.350.

Este precio es demasiado alto para el consumidor medio en nuestro país, tomando en cuenta que en la actualidad se adquiere un televisor y VHS en USD\$ 600.

# CAPITULO 6

## Conclusiones y Recomendaciones

- En la realización de esta tesis, al inicio se tuvo muchos problemas por la carencia de información sobre los sistemas HDTV. Por tal razón se empezó con una recopilación bibliográfica de información que en nuestro país no existe; por lo que fue necesario traer información del exterior lo cual significó pérdida de tiempo y erogación económica.
- A principios de siglo la televisión apareció inicialmente con imágenes en blanco y negro; en nuestros días, y debido al desarrollo de la tecnología electrónica se tiene un sistema a color con calidad de la señal de video mejorada con técnicas digitales de procesamiento, en lo que tiene que ver con el proceso de grabación.
- Actualmente, en el mundo entero existen tres sistemas de televisión en color: NTSC, PAL y SECAM. Los sistemas PAL y SECAM presentan mejores características en la estabilidad del color de la escena, porque modifican el inconveniente que presenta el sistema NTSC, que consiste en la distorsión del color que puede producirse debido a problemas en la trayectoria de transmisión.
- Las modificaciones realizadas a los diferentes parámetros de un sistema de televisión convencional para llegar a tener las características del sistema HDTV, supone un aumento del ancho de banda de la siguiente forma para cada uno de los parámetros que intervienen:



- a) El incremento de la relación de aspecto de  $4/3$  para los sistemas convencionales, a  $16/9$  en los sistemas HDTV; implica un incremento de  $4/3$  (1,33) del ancho de banda. Para tener una idea al respecto, en el caso de NTSC con un ancho de banda de la señal de luminancia de 4.2 MHz, el resultado de aumentar la relación de aspecto de la pantalla incrementaría el ancho de banda en 1.4 MHz.
- b) El factor más crítico es el número de líneas debido a que este parámetro afecta de una manera cuadrática; es decir, si en el sistema de 525 líneas (NTSC) duplicamos el número de líneas (1050), esto implicaría multiplicar por 4 el ancho de banda de 4.2 MHz del sistema NTSC obteniéndose 16.8 MHz para un sistema HDTV.
- c) La frecuencia de presentación de imágenes también es determinante dependiendo del tipo de barrido utilizado. Si el sistema HDTV emplea barrido progresivo a 59.94 Hz, en relación al sistema NTSC actual con barrido entrelazado a 29.97 Hz, supone duplicar el ancho de banda de 4.2 MHz a 8.4 MHz.

El ancho de banda de la señal de luminancia en un sistema HDTV es aproximadamente 5 veces de lo que se tiene en un sistema convencional, con el doble del número de líneas y exploración entrelazada. Para un sistema con exploración progresiva la relación del ancho de banda depende del número de líneas que se empleen en el sistema HDTV progresivo.

- En HDTV, para dar la sensación de estar inmerso en la escena, se aumenta la relación de aspecto de  $4/3$  a  $16/9$ , obteniéndose una imagen más rectangular, y se reduce la distancia óptima de visualización de la pantalla desde 7 veces la altura de la imagen a 3 veces en HDTV. Esta distancia más corta determina que el ángulo de visión pasa a ser de  $10^\circ$  a  $30^\circ$ ; por otro lado, el aumento de resolución horizontal y vertical hace indispensable un tamaño de

imagen mayor, aproximadamente 4 veces más grande que los televisores actuales.

- La mejora del sonido es una de las ventajas de la HDTV que unido con imágenes de pantalla ancha producen en el espectador una mayor sensación de realidad. Sin embargo, el sonido *surround* con tres canales frontales y uno o dos posteriores, a su vez implica un considerable incremento del costo del receptor.
- Como se ha visto, hay en estos momentos tres escenarios (EE.UU, Europa y Japón), con tres propuestas diferentes de HDTV; entonces existe dificultad en conseguir un acuerdo sobre un único formato, ya que cada país hace inversiones financieras en sus propias tecnologías de comunicación, lo cual impide cambios en la adopción del formato.
- La existencia de un estándar para HDTV en todo el mundo es fundamental para acelerar el desarrollo del sistema y servir de referencia a todos los entes interesados en el mismo e incluso ayudar a las comunicaciones y acuerdos internacionales.
- La HDTV podría suponer un formato unificador de los distintos sistemas de televisión existentes actualmente en el mundo; si los países que usan los sistemas NTSC, PAL y SECAM pudieran ponerse de acuerdo en la elección de un único formato de HDTV, no habría obstáculos para el intercambio internacional de programas y posiblemente mejoraría la calidad a la vez que se reduciría el costo de los receptores. Además, la adopción de un único formato de HDTV facilitaría los acuerdos y convenios entre países para solucionar problemas comunes.
- La definición de un estándar debe basarse en criterios de compatibilidad y criterios tecnológicos, y cubrir todos los puntos entre la estación televisiva y el usuario como son: producción, transmisión y recepción.

- También existen posibles inconvenientes en la definición de un único modelo estándar, como pueden ser:
  - 1) Algunos de los tres escenarios tecnológicos (EE.UU, Europa ó Japón) debería tener el control de la emisión.
  - 2) La necesidad de asegurar una compatibilidad con los sistemas convencionales para protegerlos frente a la implantación del nuevo sistema HDTV.
  
- Debido a la dificultad de tener un estándar común se está tratando de establecer un formato basado en los principios de la norma digital de la Recomendación 601 que tiene carácter mundial (Anexo E); con este objetivo se ha creado la Recomendación 709 donde se define parte de los parámetros del sistema HDTV (Anexo F).
  
- Todos los sistemas analizados están todavía bajo estudio en la actualidad, por tal razón se mantiene una cierta confidencialidad de los principios de codificación.
  
- Desde el punto de vista de codificación y transmisión la realización de HDTV es muy interesante, dado que la señal digital es procesada y comprimida de una manera más eficiente, resultando con ello un aprovechamiento mayor del ancho de banda.
  
- El principio de codificación de los sistemas Europeo (HD-MAC) y Japonés (Narrow-MUSE) son similares, ambos sistemas toman en cuenta la cantidad de movimiento presente en la imagen y la procesan de acuerdo con este parámetro. En presencia de movimiento de objetos en la escena, se pueden distinguir pocos detalles a diferencia de escenas estáticas, para las cuales se requiere de una mayor resolución para destacar mejor los detalles. Sin embargo, el sistema Japonés presenta una desventaja cuando realiza una variación de la resolución vertical al añadir un convertidor del número de líneas de 1125 a 750 a la

entrada del codificador, y a la salida del decodificador para expandir de 750 a 1125.

- De los sistemas HDTV propuestos en los EE.UU, los sistemas DigiCipher y DSC tienen la desventaja de que al producirse un error sobre un cuadro determinado, y si este se toma como referencia para crear el cuadro predicho para el siguiente cuadro, el error producido se propagará sobre cuadros consecutivos; este proceso puede llegar a un punto tal que la imagen se pierda totalmente; esto no sucede con el codificador del sistema ADTV, porque cada cierto tiempo se envía un cuadro completo (sin realizar compresión temporal) que borra cualquier error producido.
- Luego de analizar los sistemas HDTV propuestos en los EE.UU, se puede concluir que están orientados hacia un sistema propio compatible con su situación actual, de formato de barrido progresivo, esquema de compresión MPEG-2, pero orientados a la transmisión digital con modulación Mnésima-QAM.
- Los métodos de compresión de imágenes aprovechan la redundancia que contiene el video tanto espacial como temporal y de las limitadas capacidades del sistema visual humano. Imágenes típicas tienen áreas en las cuales muchos pixels toman valores similares dentro de un cuadro o entre cuadros; por tanto, los datos que se envían hacia el receptor constituyen la información que no es pronosticable, el resto se generará con adecuados algoritmos.
- La compresión del video puede ser aplicada a la magnitud de la muestra, a los ejes espaciales horizontal y vertical (*intra-codificado*); y al eje del tiempo (*inter-codificado*).
- La eliminación de la redundancia espacial en las imágenes, se logra con la combinación de la Transformada de Coseno Discreto (DCT) y la recuantización, la redundancia

temporal se elimina con los procesos de estimación y compensación de movimiento.

- La estimación de movimiento mide el movimiento de los objetos dentro de una imagen desde un cuadro al siguiente con la ayuda del eje óptico; un objeto moviéndose a lo largo del eje del tiempo se muestra como estacionario sobre el eje óptico, de esta manera si se encuentra la dirección espacial de este eje se puede anular el movimiento de los objetos entre cuadros sucesivos, obteniéndose una mayor ganancia de codificación.
- A pesar de las reducciones del ancho de banda efectuadas por los procesos de compresión, la señal HDTV sigue teniendo una definición mucho mejor que la de la televisión convencional.
- La transmisión terrestre codificada de HDTV digital pone requerimientos severos sobre la linealidad del medio de transmisión. Los efectos que produce la no linealidad no afecta a la calidad de la señal pero si disminuye el área de cobertura, produciéndose de esta manera el "Cliff Effect".
- La señal QAM multiestado para transmisión HDTV digital es vulnerable a las no linealidades en fase y amplitud, por tal razón se requiere un rango dinámico grande y lineal en el transmisor.
- La tecnología para satisfacer las demandas de transmisión del nuevo servicio de HDTV digital para amplificación de potencia de RF en UHF, revela que para aplicaciones de baja potencia (menor a 2 kW de potencia promedio) se pueden usar dispositivos de estado sólido o tetrodos, para media potencia (entre 2 o 3 kW de potencia promedio) tetrodos o Klystron MSDC y para más de 3 kW promedio es mejor utilizar klystron MSDC.

- Una señal HDTV digital comparada con la que se emplea actualmente (analógica), requiere un menor nivel de la señal en el receptor para tener una buena decodificación; si se toma ventaja de esto, en la transmisión se requiere una baja ganancia de la antena, ó una más baja potencia radiada efectiva ERP. La potencia ERP de D-HDTV que se requiere para obtener cobertura HDTV confiable, fluctúa entre el 50% hasta el 100% de la potencia requerida para los sistemas de TV convencionales, para cubrir la misma área.
  
- HDTV digital usará antenas de menor ganancia comparadas con las que se usa en el sistema convencional; la ganancia puede ser reducida hasta un 50% o más, para obtener una cobertura de HDTV comparable con los sistemas de televisión actuales.
  
- Un aspecto de interés respecto al impacto que pudiera tener la introducción de la Televisión de Alta Definición es la actividad industrial que generaría. En el caso de la televisión convencional, después de su nacimiento fue creciendo esta actividad hasta llegar a ser la principal consumidora de electrónica en la industria; entonces HDTV tiene que competir en precio (que resulta más caro) y en resolución con las mejoras hechas a los televisores actuales.
  
- En el futuro, la HDTV influirá en el mercado de los ordenadores, debido a que la HDTV usará tecnología de ordenador y monitores de televisión. Esto podría tener aplicaciones en cuanto a la producción de imágenes computarizadas aplicables al campo militar y al de la medicina, elaboración de videotex y videoconferencias. Pero sobre todo, la HDTV se interrelacionará con el campo de los semiconductores que son considerados como la llave puente entre los mercados de productos de HDTV y otras

tecnologías de la era de la información. El interior de un receptor de HDTV será más parecido a un ordenador que a un televisor convencional, pues tendrá placas de circuito impreso con chips de memoria y procesadores de señal.

- El principal problema tecnológico a resolver se centra en el futuro receptor HDTV, debido a que la tecnología actual del TRC (tubo de rayos catódicos) presenta dimensiones que hacen viable su utilización comercial a gran escala. A largo plazo se habla de los receptores planos de cristal líquido pero la tecnología no está en condiciones de proporcionarlos con las características de calidad, dimensiones y costo exigidas.
- Hasta que no exista la definición de un formato único de HDTV, los constructores de receptores no podrán realizar las investigaciones necesarias para ofrecer al mercado un producto que cumpla con características de calidad, compatibilidad y costo.
- Para el caso específico de nuestro país, acceder a catálogos referentes a especificaciones de receptores HDTV no es posible, ya que básicamente no existe interés en el nuevo sistema HDTV.
- La realización de HDTV digital tiene varias aplicaciones, debido a la flexibilidad que presenta es muy fácil combinar video digital con otros tipos de información dentro de un sistema multimedia, debido a que este tipo de señal es compatible con la infraestructura de conmutación en telefonía.
- Todas las mejoras analizadas en la HDTV, produce un dramático efecto sobre la industria cinematográfica y sobre sus aplicaciones, pero sobre todo abre nuevas perspectivas de utilización de estos equipos en aplicaciones no específicas de broadcast, como pueden ser comerciales, educativas, médicas, industriales, etc. Donde la generación y transmisión de señales de Alta Definición,

tiene un gran potencial en cuanto a aplicaciones se refiere.

- El resultado de las pruebas realizadas por la ATTC fue enviado a la FCC para su evaluación final; la FCC por su parte anunció que se producirá un único sistema de Televisión de Alta Definición Digital, aprovechando los mejores elementos de los tres sistemas HDTV digitales propuestos, las pruebas realizadas a este sistema culminaron a finales de 1995 obteniéndose significativas mejoras en la calidad de la imagen con respecto a los sistemas propuestos; sin embargo, hasta la culminación de la presente tesis la FCC no ha emitido un estándar para HDTV digital que operará en América desplazando al sistema NTSC actual.
  
- Para el análisis del factor de costos es importante resaltar dos hechos: el primero es la aceptación de la preferencia en realizar un proceso complejo en la estación televisiva, dado que este es común y las consideraciones económicas no son tan restrictivas, antes que hacerlo en todos los receptores, lo que supondría una codificación y decodificación asimétrica, con lo cual el precio del receptor disminuye. El segundo es la constancia de que aunque en un primer momento el uso de estas complejas técnicas digitales no estará al alcance de todos los centros de producción, la evolución tecnológica hará que se vaya introduciendo rápidamente y en un período de tiempo corto sean accesibles, tanto desde el punto de vista de producción, como para la recepción del público televidente.
  
- Los receptores digitales son más caros que los analógicos en un 500%, pero si tomamos en cuenta que no es solamente un simple receptor, sino que tiene tecnología de ordenador, que puede cumplir con todas las funciones de este; entonces tendremos además de un televisor una estación de trabajo multimedia, de esta manera el precio



es ya comparable con los equipos actuales de esta naturaleza.

- Debido a la gran cantidad de temas tratados, los mismos son demasiados extensos y profundos; razón por la cual, se sugiere que pueden desarrollarse temas de tesis en el campo de compresión de señales de video en movimiento, cancelación de señales fantasmas, videoconferencia, sonido digital cuadrafónico, etc.
- La E.P.N. debería dar una mayor importancia en la adquisición de la información necesaria en el campo de la televisión, para que sea posible una mejor asimilación de las nuevas tecnologías y su aplicación en el caso específico de nuestro país.
- Es necesario tener una mayor comunicación con el medio exterior respecto al desarrollo futuro de la HDTV y su factible implementación en nuestro medio.
- Dadas las condiciones económicas que actualmente atravieza nuestro país, las televisoras nacionales destacan que no estarían en la capacidad económica de asumir los gastos para el cambio a HDTV ni el televidente de poder adquirir el receptor para este sistema.
- Para el caso específico de nuestro país el medio de transmisión más popular para la TV convencional es el terrestre; para el caso de HDTV el medio a emplear será también el terrestre, porque es el que está siendo experimentado y del cual saldrá el estándar a utilizar en América. La utilización por satélite o por cable será en menor escala y dirigida a sectores sociales con mayores posibilidades económicas.

## Comentarios realizados por Ingenieros de los distintos canales de televisión nacionales

### **Ing. Santiago Ortiz, Jefe Departamento de Ingeniería de TV Cable.**

Considera que la implementación de HDTV por TV Cable en nuestro país es:

"...es el sistema más factible para llegar con mayor información, entonces para nosotros es muy simple poner un canal de televisión de alta definición, lo que para un canal convencional es muy complicado, habiendo sistemas como este que tiene la infraestructura para hacer cambios tecnológicos más radicales que a nivel terrestre, los cambios tecnológicos pueden darse más rápidamente y estar a la par de la tecnología conforme se desarrolla...."

Respecto a lo mencionado por el Ing. Ortiz cabe recalcar que la implementación de HDTV por TV Cable sería factible ya que el nivel económico de los televidentes a los que llega están en la capacidad de adquirir un receptor HDTV, claro está que necesitarían hacer un estudio de mercado muy serio para poder realizar la inversión necesaria en la implementación del sistema HDTV.

### **Ing. Wilman Solórzano, Gerente Técnico de Ecuavisa**

Considera que la implementación de HDTV en nuestro país:

"...es una cuestión que va a tener mucho auge pero creo que en unos ocho años a nivel mundial, aquí en nuestro país creo va a tomar mayor tiempo porque técnicamente no se pueden hacer las cosas de un día para otro peor en televisión que muchos capitales están en juego, además hay que considerar a los usuarios que pienso que es lo más importante ya que en televisión de alta definición hay que cambiar los televisores,....., aquí en el país unos 15 años

por lo menos, porque los canales en estos momentos están todavía comprando televisores con la tecnología actual....”.

Por los capitales que están en juego y por los cambios en la infraestructura tecnológica que requiere el sistema de HDTV, el Ing. Solórzano considera que la implementación en nuestro país se demorará mucho tiempo, además se observa que no están muy interesados por las complicaciones económicas que ven en los usuarios, ya que por transmisión terrestre no cobran la señal y se verían obligados a codificar y cobrar la emisión, cosa que lo hacen actualmente los sistemas privados de TV Cable, Univisa, TV por Satélite, etc.

#### **Ing. Paul Rojas, Gerente General de Ecuatronic Ecuador.**

Considera las condiciones necesarias para la implementación de HDTV a nivel terrestre, por cable y satelital:

“...los americanos piensan que se va a dar más a nivel terrestre y los japoneses a nivel de satélite; porque, los americanos tienen un país muy grande y se basa en el nivel de comercio, entonces ellos producen su propia tecnología a nivel de ciudad; Japón es una isla, generalmente no es negocio porque son contados los centros de transmisión, entonces como industria propia no le conviene, es más por satélite el enviar las señales a otros lugares, en cambio los americanos tienen otro tipo de filosofía,...., es mucho más fácil implementar alta definición en cable que en sistema terrestre; porque, porque alta definición a través de cable tu puedes tener convertidores de alta definición al sistema normal,...” . Con respecto al transmisor: “...hay tubos que dan hasta 60 kW, con buena linealidad, pero que es lo que pasa que ya no es una carrera de potencia porque el HDTV tú sabes se reduce en un 40% de lo que existe en potencia de transmisión lo cual se cubre con un sistema de alta definición porque tiene una señal

digital que necesita menor nivel de la señal en recepción para poderle convertir y decodificar, entonces los transmisores en alta definición no hay que hacerles de más potencia sino más bien tienden a reducir la potencia,...., la alta definición será algo totalmente nuevo, futurístico y que requiere una especial atención, siempre será lo de tope de línea, lo que es el top line estamos hablando de estado sólido actualmente,..."

Según el Ing. Rojas, considera que el desarrollo de la HDTV utiliza tecnología de punta, la cual actualmente está dada por la teoría de semiconductores; es decir, todos los equipos tanto de la etapa de potencia como la etapa de procesamiento utilizará la tecnología de estado sólido porque es más eficiente, y hasta cierta medida es menos costosa.

# GLOSARIO

**ADTV:** Advanced Digital Television. Sistema de HDTV del Consorcio de Investigación de Televisión Avanzada.

**ARTIFACTS:** En el dominio de video "artifacts" son manchas , ruido, nieve, puntos sobre la pantalla; es decir, una desorganización física de la imagen.

**ATTC:** Advanced Television Test Center, Organismo creado por el Comité Asesor en Televisión Avanzada en los EE.UU. para realizar los test a los sistemas HDTV digitales que entraron en competición a la FCC.

**ATV:** Advanced Television, se les denomina sistemas ATV a cualquier tecnología de televisión que suministre mejor calidad en audio y video, incluyendo HDTV.

**BTA:** Broadcasting Technology Association, Institución que junto con NHK presentan un sistema de cancelación de fantasmas.

**Cliff Effect:** Efecto de caída, pérdida total y abrupta de la señal de video y sonido.

**D-HDTV:** Televisión de Alta Definición Digital.

**DigiCipher:** Sistema de HDTV de American Television Alliance (ATVA, General Instruments & Massachusetts Institute of Technology).

**DSC-HDTV:** Digital Spectrum Compatible HDTV, sistema HDTV digital propuesto por Zenith Electronics y AT & T.

**ERP:** Effective Radiated Power.

**FCC:** Federal Communications Commission, Organismo que reglamenta y regula el uso espectral dentro de los EE.UU.

**GCR:** Ghost Canceling Reference, referencia de cancelación fantasma.

**HD-MAC:** Multiplexed Analog Components High-Definition. Sistema europeo de HDTV.

**(HDTV):** High Television Definition, Sistema de televisión que ofrece aproximadamente dos veces la resolución horizontal y vertical que el sistema convencional y suministra buena calidad de video en una pantalla más ancha y calidad de audio digital igual que la del disco compacto.

**HSS:** High Speed Switch, que se emplea para enrutar la señal dentro de la estación de televisión.

**NAB:** National Association of Broadcasters, representa Congresos anuales de Industrias en televisión y radio.

**Narrow-MUSE:** Sistema de HDTV de la Corporación japonesa de Radiodifusión NHK (*Nippon Hoso Kyokai*).

**NHK:** Nippon Hoso Kiokai, Televisión Pública Japonesa proponente del Sistema Narrow-MUSE.

**NTSC:** National Television Systems Committee, Sistema de Televisión en color normalizado en Estados Unidos, Canadá, Japón y varios países del hemisferio oeste.

**MPEG:** Motions Pictures Expert Group.

**MUSE:** Multiple Sub-Sampling Encoding, proceso de compresión para la reducción del ancho de banda de la señal HDTV de la Corporación NHK.

**PAL:** Phase Alternating Line, Sistema de Televisión en color vigente en Alemania, España y otros países europeos.

**SECAM:** Sequential couleur a Memoire, sistema francés que funciona en Rusia y otros países de Europa Oriental.

**TRC:** Tubo de Rayos Catódicos.

**VBI:** Vertical Blanking Interval, el intervalo de borrado vertical es parte de la señal de televisión que aparece como una barra en la porción de la imagen que no se ve.

**VITS:** Vertical Interval Test Signal.

**VSWR:** Voltage Standing-Wave Ratio, relación de onda estacionaria de voltaje, que representa la cantidad de voltaje que se refleja cuando la señal cambia de un medio a otro.

# BIBLIOGRAFIA

- [1] KEITH JACK, "Video Demystified", HihgText publication Inc, 1993.
  
- [2] TAKASHI FUJIO, "High-Definition Television System", IEEE Transactions on Communications, Vol. 73, N° 4, Abril 1985.
  
- [3] JOSEF BERNARD, "High Definition Television", Radio Electronics, Agosto 1987.
  
- [4] GIMENEZ J., IGLESIAS E., MARTINEZ J., SANCHEZ J, "Televisión de Alta Definición", CEAP 1992.
  
- [5] WHITAKER J, THORPE L, "Applying High-Definition Television", Television Engineering Handbook, 1992.
  
- [6] STAN PRENTISS, "HDTV, High Definition Television", McGraw Hill, 1994.
  
- [7] NAB NATIONAL ASSOCIATION OF BROADCASTERS, "NAB Guide to Advanced Television Systems", 1991.
  
- [8] WATKINSON JOHN, "Compression in Video & Audio", 1995.
  
- [9] AUBREY HARRIS, "The New World of HDTV", Electronics Now, Mayo 1993.



- [10] TANIA PEREZ, ERWIN BARRIGA INGS, "Curso de Televisión", 1990.
- [11] LOCATION AND COSTS OF HDTV, "Antenna System", Micro-Communications Inc, 1992.
- [12] NAT OSTROFF, "HDTV: transmitter requirements", Broadcast Engineering, Agosto 1992, Vol. 34, número 8.
- [13] HOWARD McCLURE, "HDTV transmission: What are the options?", Broadcast Engineering, Julio 1994, Vol. 36, número 7.
- [14] THOMAS VAUGHAN, "HDTV antennas for terrestrial service", Broadcast Engineering, Agosto 1992 Vol. 34, número 8.
- [15] JOSEPH ZUBA, "Antennas for NTSC/HDTV simulcasting", Broadcast Engineering, Julio 1994, Vol. 36, número 7.
- [16] MICRO COMMUNICATIOIS, "Location and Costs of HDTV - Antenna System", 1992.
- [17] HDTV ANTENNA INSTALLED, Advanced Television Update, Dielectric Communications, 1993.
- [18] ADC ALAN DICK & CO. INC, Specialists in Antenna Systems, "HDTV Antennas", 1993.
- [19] DANIEL MARTINEZ AND GREG SHREVE, "Digital Routing Switchers", Broadcast Engineering, Agosto 1992 Vol. 34, número 8.

- [20] TOMOHISA U, KASUO O, RYOSUKE A, KOJI S, "16:9 Aspect Ratio 38V-High Resolution Trinitron CRT for HDTV", IEEE Transactions on Consumer Electronics, Febrero 1988, Vol. 34, número 1.
- [21] ING. PABLO HIDALGO, "Folleto de Comunicación Digital", Escuela Politécnica Nacional.
- [22] DAVID LACHENBRUCH, "Video News", Electronic Now, Febrero 1996.
- [23] BERNARD GROB, "Televisión Práctica y Sistemas de Video", Marcombo S.A, 1990.
- [24] BRIAN EVANS, "Understanding Digital TV, The Route to HDTV", IEEE PRESS Understanding science & Technology Series, 1995.
- [25] OJEDA JAVIER, "Técnica de televisión a color", Paraninfo S.A, 1989.
- [26] EARL McCUNE, "HDTV power devices: Considering the choices", Broadcast Engineering, Enero 1993 Vol. 35, número 1.
- [27] DANIEL MARTINEZ AND GREG SHREVE, " Digital Routing Switchers", Broadcast Engineering, Enero 1993 Vol. 35, número 1.
- [28] AUBREY HARRIS, "The New World of HDTV" Electronics Now, Mayo 1993.
- [29] HDTV TECH BRIEF, "Digital HDTV and RF Amplifier Dynamic Range", published by Comark Communications Inc, Mayo 1992.

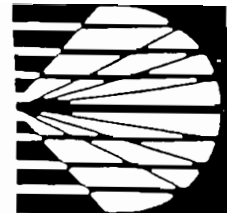
- [30] ALAN DICK & CO. INC, "HDTV Antennas", ADC Specialists in Antennas Systems, 1993.
- [31] ANDREW, "Antenna Systems/Catalog 31".
- [32] R.Y.M.S.A, "Radiación y Microondas, Catálogo".

**ANEXO A**

**DISTRIBUIDORES PARA**

**DIVIDIR LA SEÑAL HACIA**

**LAS ANTENAS**

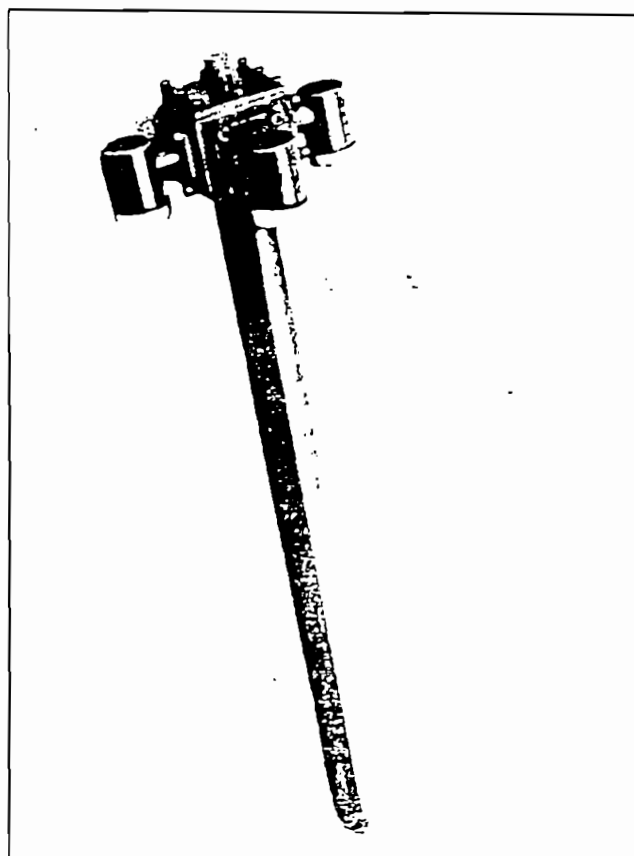
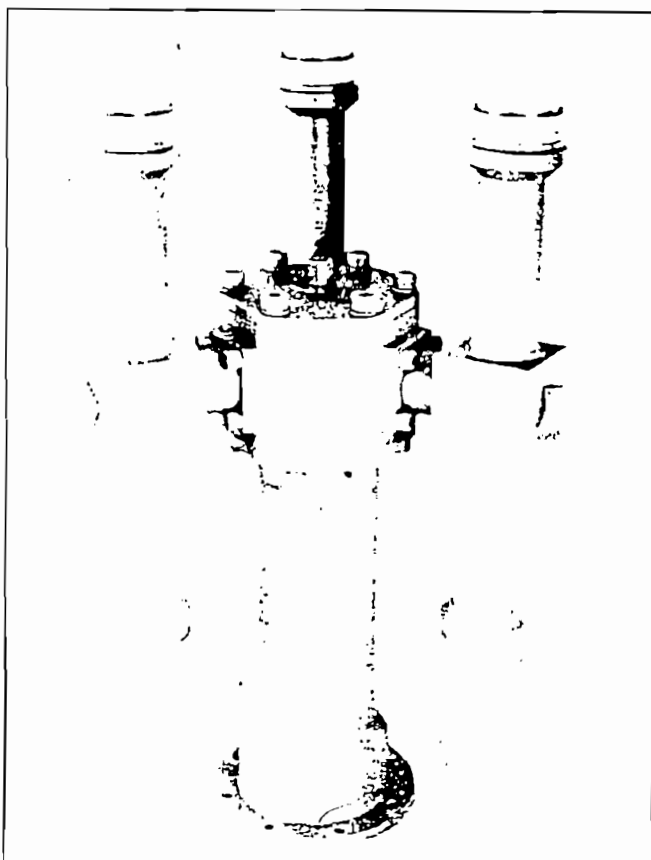


## POWER DIVIDERS

### DT1

## DISTRIBUIDORES

### DT1



#### Descripción técnica

- Un distribuidor simétrico, mediante adaptación a cargas iguales de 50 Ohmios conectadas en paralelo a sus salidas, reparte la potencia de entrada de forma que las entregadas a cada una de las cargas posean la misma amplitud y la misma fase.
- Siendo su campo de aplicación en radiodifusión y televisión, están constituidos en técnica coaxial para todas las líneas de transmisión estándares.
- En su cabezal sus salidas son acodadas o con disposición arbolada si el número de vías es considerable.

#### Technical description.

- A symmetrical power divider unit, adapted to equal 50 Ohm charges connected in parallel at outputs, delivers the input in such a way that the supply entering each load is of the same amplitude and phase.
- Given that the application is in broadcast, coaxial techniques are used for all standard transmission lines.
- The head outputs are layered or, if the number of lines is considerable, are placed on tree form.



# R.Y.M.S.A.

## ESPECIFICACIONES SPECIFICATIONS

REF.		DT11	DT12	DT13	DT15
Margen de frecuencia <i>Frequency range</i>	(MHz)	B-I 47-68	B-II 87.5-108	B-III 174-223	B-IV/V 470-860
R.O.E. en el canal <i>V.S.W.R. in the channel</i>			Mejor que 1.03:1 <i>Better than 1.03:1</i>		
	en la banda <i>in the band</i>	Mejor que 1.05:1 <i>Better than 1.05:1</i>		Mejor que 1.06:1 <i>Better than 1.06:1</i>	
Impedancia <i>Impedance</i>	(Ohms)		50		
Pérdidas de inserción <i>Insertion loss</i>	(dB)		Menor de 0,18 <i>Less than 0.18</i>		
Error de fase <i>Phase error</i>	(°)		+/- 2		
Error de potencia <i>Power error</i>	(dB)		+/- 0,2		
Max. potencia entrada <i>Input max. power</i>	(Kw)	40	40	30	25
<b>Material</b> <i>Material</i>					
Alma <i>Inner conductor</i>		Aluminio plateado y pasivo <i>Silvered aluminium and passiving</i>			
Conductor exterior <i>Outer conductor</i>		Latón plateado y pasivado <i>Silvered brass and passiving</i>			
Contactos <i>Contacts</i>		Aleacion cobre-berilio plateado y rodiado <i>Silvered alloys copoer-beryllium and Rhodanzing</i>			
Aislantes <i>Isolations</i>		Teflon <i>Teflon</i>			
Tornillería <i>Screws</i>		Acero inoxidable <i>Stainless steel</i>			
Acabado <i>Finishing</i>		Pintura epoxida al horno <i>Exposidic paint in oven</i>			
Presunzacion <i>Pressuring</i>		1,3 atmosferas <i>1.3 atmospheres</i>			

*R.Y.M.S.A se reserva el derecho de modificar sin previo aviso cualquiera de las características expuestas en este catálogo.*

*R.Y.M.S.A will reserve the right to make any changes without notice.*

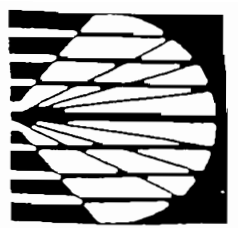


# RADIACION Y MICROONDAS S.A.

# **ANEXO B**

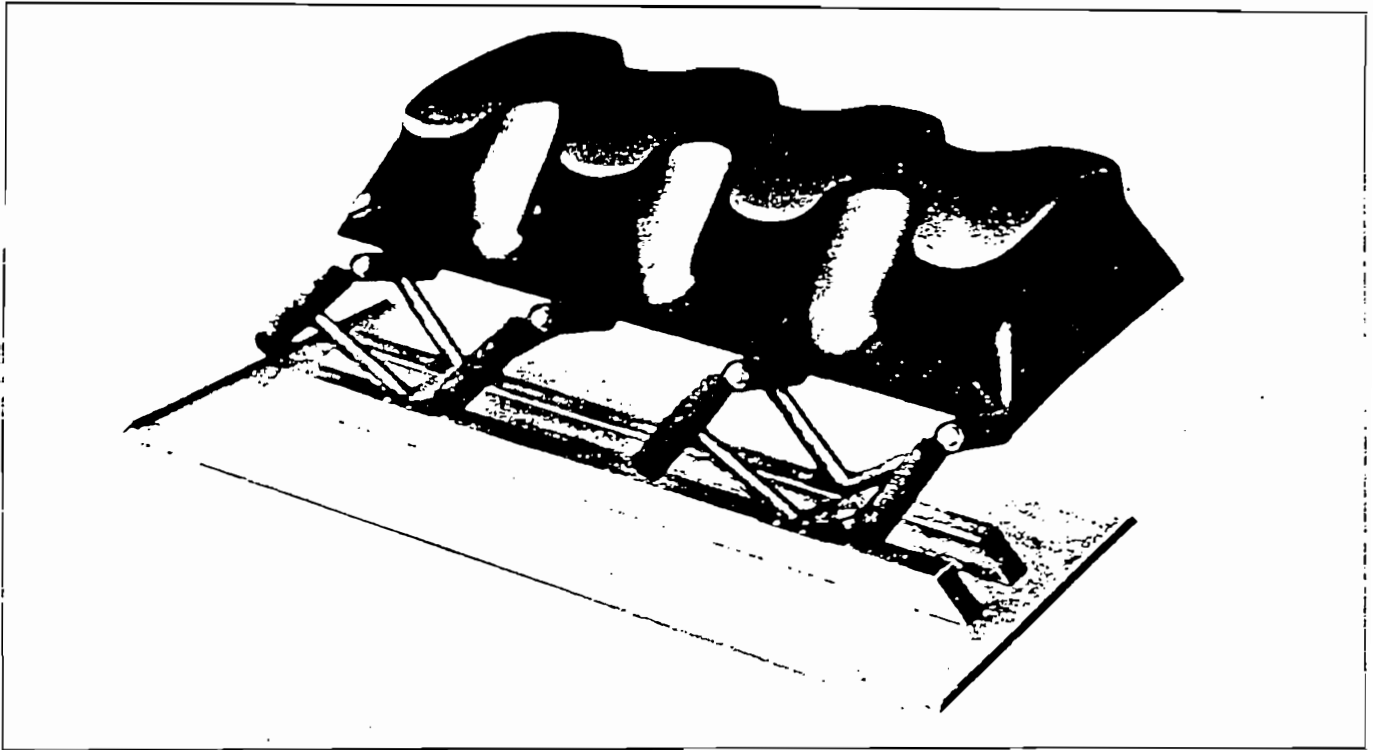
## **ANTENAS PARA SERVICIO**

### **HDTV DIGITAL**



# PANEL UHF AT15-240

# UHF PANEL AT15-240



## Descripción técnica

El panel AT15-240 está formado por un apilamiento de cuatro dipolos dobles, provisto de un reflector y protegido por radomo de fibra de vidrio.

## Características generales

- Polarización horizontal.
- Alta directividad.
- Gran capacidad de potencia.
- Excelente protección contra el hielo, la corrosión y la carga al viento debido a la forma corrugada de su radomo.
- Posibilidad de ser usado como antena direccional individual, o formando parte de un sistema radiante configurado (apilamientos).

## Technical description

The AT15-240 panel is formed by stacking eight double-dipoles provided with a reflector and protected by fiberglass radome.

## General characteristics

- Horizontal polarization.
- Highly directional.
- High powered.
- Excellent protection against ice, corrosion and wind load due to corrugated shape of the radome.
- May be used as single directional antenna or as part of radiating system (stacking).



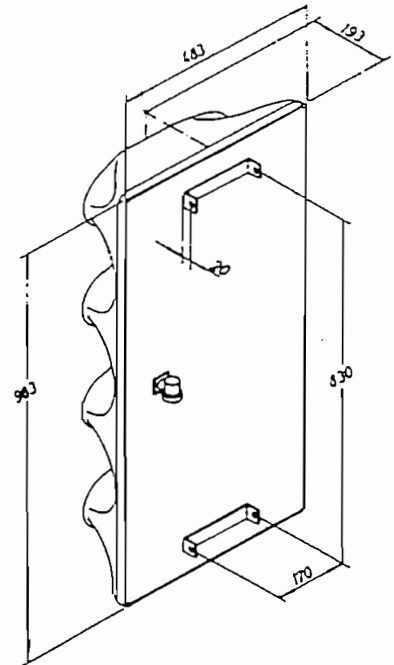
# R.Y.M.S.A.



## ESPECIFICACIONES SPECIFICATIONS

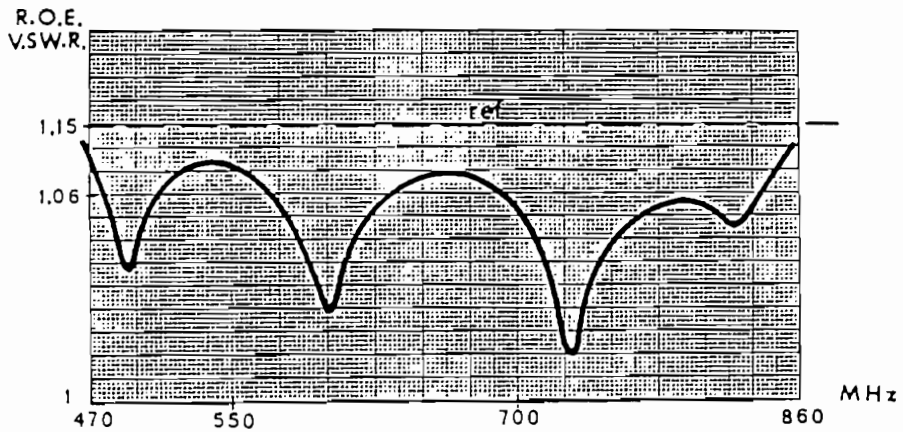
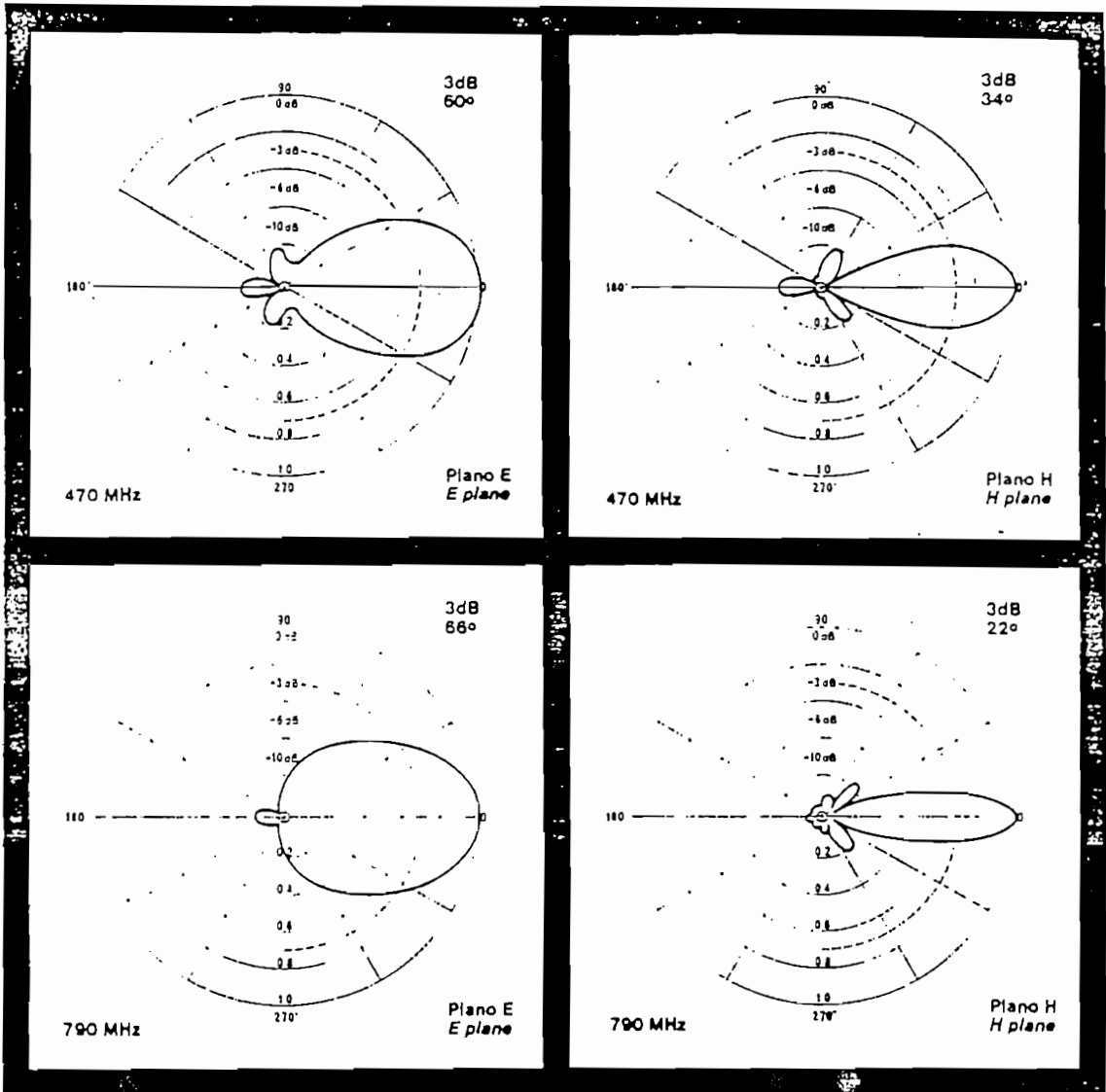
**Margen de frecuencias**  
*Frequency range* (MHz) -70-860

Impedancia <i>Impedance</i>	(Ohms)	50
Potencia máxima <i>Max. power</i>	(Kw)	4
Polarización <i>Polarization</i>		Horizontal
R.O.E. típica <i>Typical V.S.W.R.</i>		Mejor que 1,15:1 <i>Better than 1,15:1</i>
Ganancia <i>Gain</i>	(dBI)	13.5
Relación lóbulos principal/secunda. <i>Principal/secondary lobe ratio</i>	(dB)	Mayor que 12 <i>Greater than 12</i>
Desfase <i>Phasing</i>		Exterior
Conectores <i>Connectors</i>		7/16 hembra hasta 1 Kw, 13/30 hembra hasta 4 Kw <i>7/16 socket up to 1 Kw, 13/30 socket up to 4 Kw</i>
Dimensiones <i>Dimensions</i>		Ver figura <i>See figure</i>
Peso <i>Weight</i>	(Kg)	10
Max. velocidad del viento <i>Max. wind speed</i>	(Km/h)	230
Carga al viento (200 Km/h) <i>Wind load (200 Km/h)</i>	(N)	750 frontal; 350 lateral <i>750 on the front; 350 on the side</i>
Relación delante atrás <i>Front to back ratio</i>	(dB)	Mayor que 14 <i>More than 14</i>
<b>Materia</b> <i>Material</i>		
Dipolos <i>Dipoles</i>		Aluminio fundido <i>Cast aluminium</i>
Reflector <i>Reflector</i>		Acero galvanizado en caliente <i>Hot-dip galvanized steel</i>
Radome <i>Radome</i>		Poliéster reforzado con fibra de vidrio <i>Polyester strengthened with fiberglass</i>
Protección contra descargas <i>Lightning protection</i>		Conexión directa a tierra <i>Direct grounded</i>



**Dimensiones**  
*Dimensions*

# Diagramas de radiación Radiation patterns



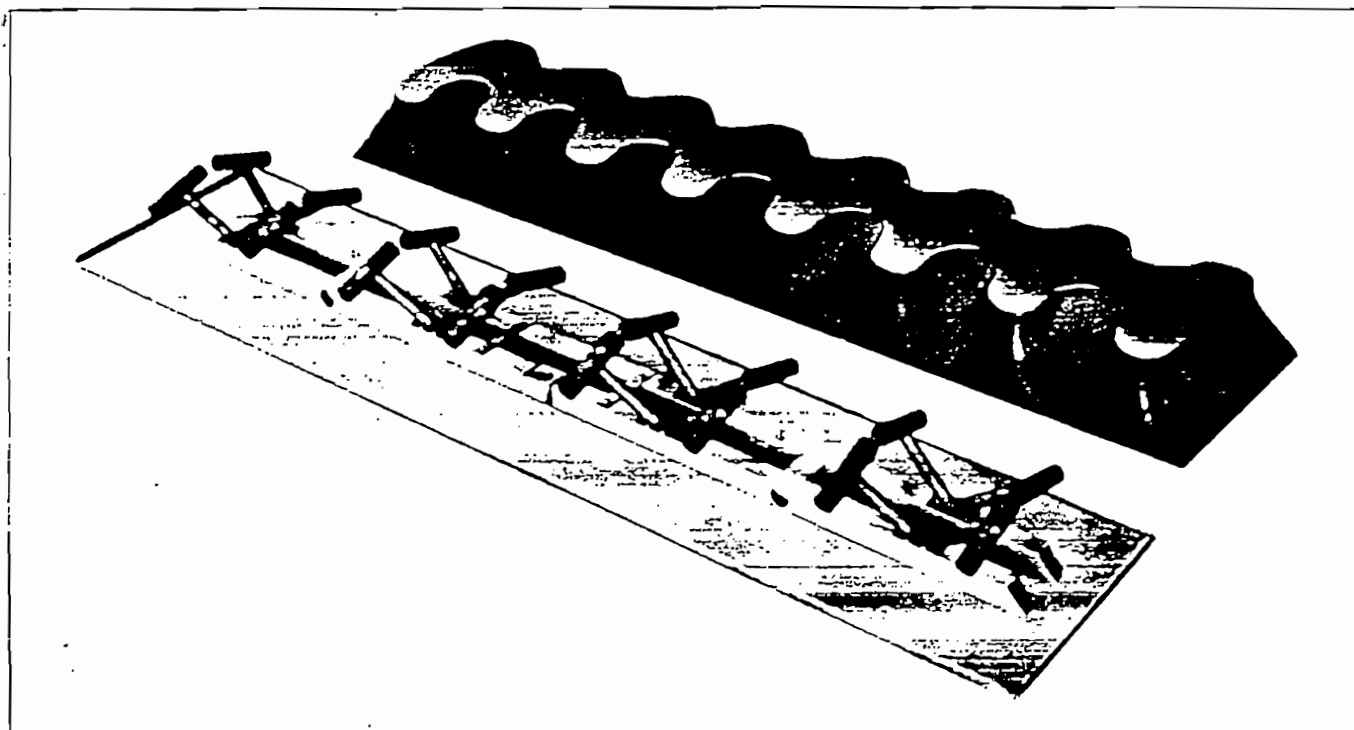
Curva típica de R.O.E.  
Typical V.S.W.R. curve





# PANEL UHF AT15-280

# UHF PANEL AT15-280



## Descripción técnica

El panel AT15-280 está formado por un apilamiento de ocho dipolos dobles, provisto de un reflector y protegido por radomo de fibra de vidrio.

## Características generales

- Polarización horizontal.
- Alta directividad (16,5 dBi).
- Gran capacidad de potencia.
- Excelente protección contra el hielo, la corrosión y la carga al viento debido a la forma corrugada de su radomo.
- Posibilidad de ser usado como antena direccional individual, o formando parte de un sistema radiante configurado (apilamientos).

## Technical description

The AT15-280 panel is formed by stacking eight double-dipoles provided with a reflector and protected by fibreglass radome.

## General characteristics

- Horizontal polarization.
- Highly directional (16.5 dBi).
- High powered.
- Excellent protection against ice, corrosion and wind load due to corrugated shape of the radome.
- May be used as single directional antenna or as part of radiating system (stacking).

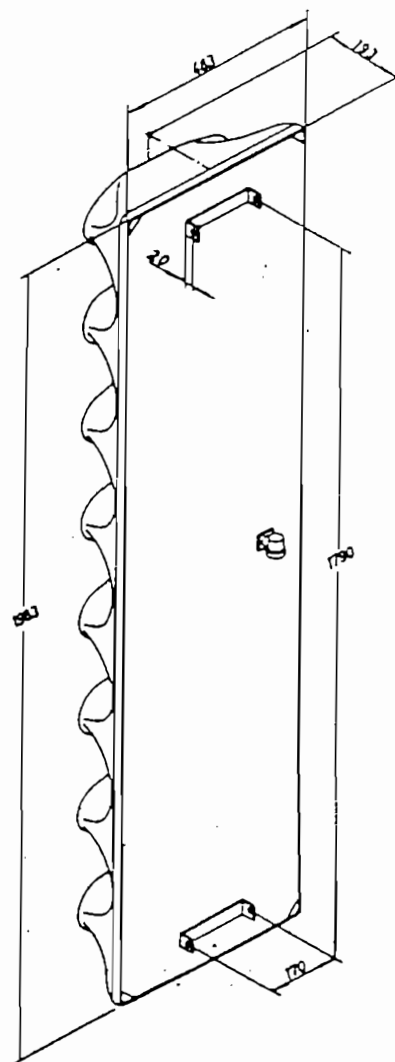


# R.Y.M.S.A.

## ESPECIFICACIONES SPECIFICATIONS

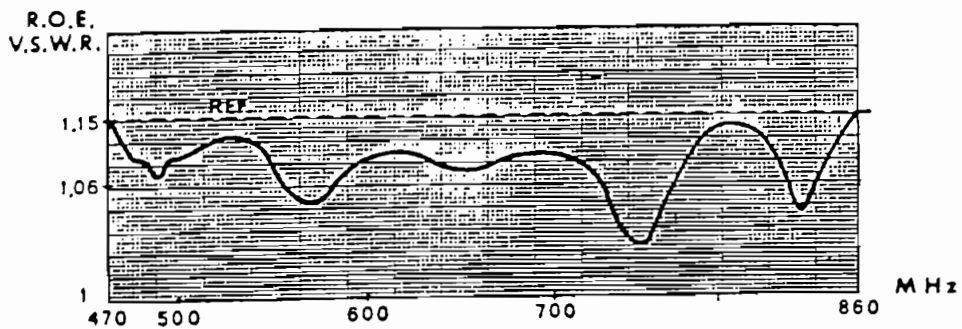
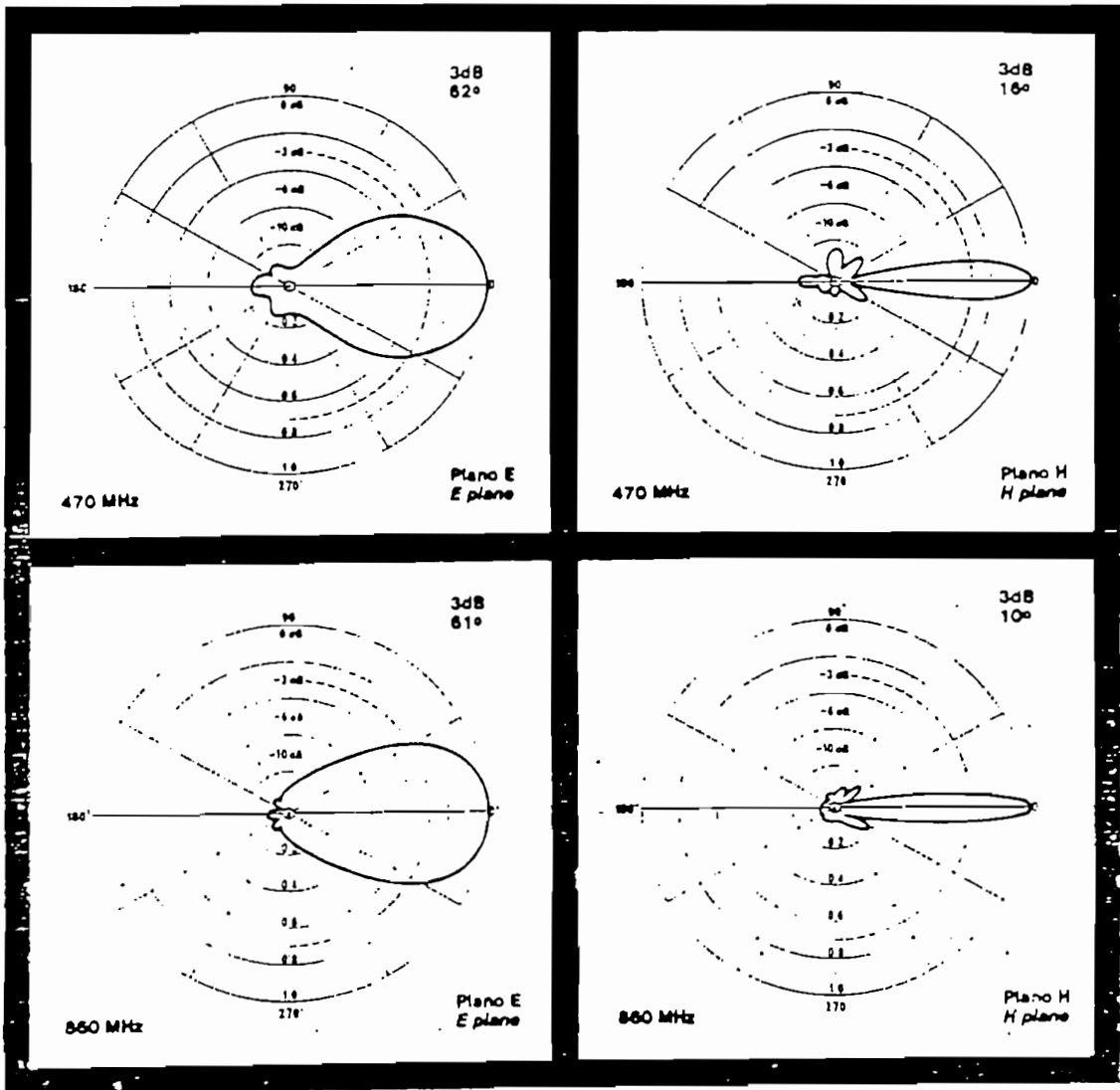
Margen de frecuencias (MHz) 470-880  
*Frequency range*

Impedancia <i>Impedance</i>	(Ohms)	50
Potencia máxima <i>Max. power</i>	(Kw)	4
Polarización <i>Polarization</i>		Horizontal
R.O.E. típica <i>Typical V.S.W.R.</i>		Mejor que 1,15:1 <i>Better than 1,15:1</i>
Ganancia <i>Gain</i>	(dBi)	16.5
Relación lóbulos principal/secunda. <i>Principal/secondary lobe ratio</i>	(dB)	Mayor que 12 <i>Greater than 12</i>
Desfaseaje <i>Phasing</i>		Interior o exterior
Conectores <i>Connectors</i>		7/16 hembra hasta 1 Kw, 13/30 hembra hasta 4 Kw <i>7/16 socket up to 1 Kw, 13/30 socket up to 4 Kw</i>
Dimensiones <i>Dimensions</i>		Ver figura <i>See figure</i>
Peso <i>Weight</i>	(Kg)	20
Max. velocidad del viento <i>Max. wind speed</i>	(Km/h)	200
Carga al viento (200 Km/h) <i>Wind load (200 Km/h)</i>	(N)	1.500 frontal; 700 lateral <i>1,500 on the front; 700 on the side</i>
Relación delante atrás <i>Front to back ratio</i>	(dB)	Mayor que 14 <i>More than 14</i>
Material <i>Material</i>		
Dipolos <i>Dipoles</i>		Aluminio fundido <i>Cast aluminium</i>
Reflector <i>Reflector</i>		Acero galvanizado <i>Galvanized steel</i>
Radomo <i>Radome</i>		Poliéster reforzado con fibra de vidrio. <i>Polyester strengthened with fiberglass</i>
Protección contra descargas <i>Lightning protection</i>		Conexión directa a tierra <i>Direct grounded</i>



Dimensiones  
*Dimensions*

# Diagramas de radiación Radiation patterns



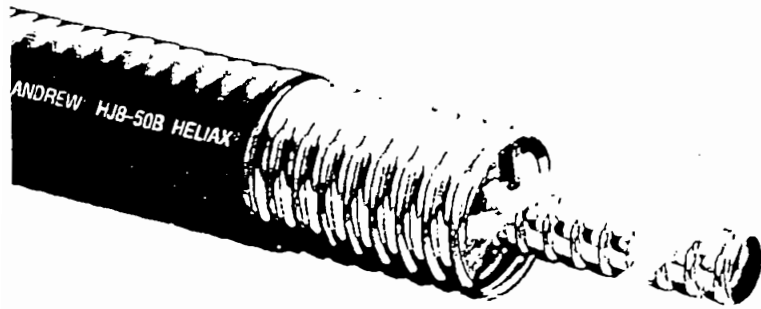
Curva típica de R.O.E.  
Typical V.S.W.R. curve.



# **ANEXO C**

## **LINEAS DE TRANSMISION**

## **Y CONECTORES**



# 3" Air Dielectric

## 50-ohm

### Type HJ8-50B

## Solid Copper Corrugated Outer Conductor

Results in low loss, continuous RFI/EMI shielding to minimize interference and maximize system security while maintaining flexibility for ease of installation.

## High Power Handling

Results from low attenuation and excellent heat transfer characteristics.

## Weatherproof

Silicone gasketed connectors with pressure inlets. Designed to be pressurized for outdoor installations.

## Proven performance in applications such as:

- AM and FM radio broadcast systems
- UHF and VHF-TV broadcast systems
- Land mobile radio
- Military communications systems
- Trailing wire antenna assemblies
- Radar

## Characteristics

Nominal Size	3"
Impedance, ohms	50

## Cable Type Numbers

Standard Cable, Standard Jacket	HJ8-50B*
Specialty, Tested and Selected Cable	
Broadcast, Low VSWR	42141†
54-216 MHz, 1.05 max. VSWR	
470-740 MHz, 1.08 max. VSWR	
740-806 MHz, 1.10 max. VSWR	
3" Cable, Polyethylene Dielectric**	27591-6
Cellular Radio, 824-894 MHz, 1.20 VSWR	209227

## Electrical Characteristics

Maximum Frequency, GHz	1.64
Velocity, percent	93.3
Peak Power Rating, kW	320
DC Resistance, ohms/1000 ft (1000 m)	
Inner	0.15 (0.49)
Outer	0.07 (0.23)
DC Breakdown, volts	16000
Jacket Spark, volts RMS	10000
Capacitance, pF/ft (m)	21.7 (71.2)
Inductance, $\mu$ H/ft (m)	0.055 (0.18)

## Mechanical Characteristics

Outer Conductor	Copper
Inner Conductor	Copper
Diameter over Jacket, in (mm)	3.02 (76.6)
Diameter over Copper Outer Conductor, in (mm)	2.85 (72.4)
Nominal Inside Transverse Dimensions, (cm)	
Minimum Bending Radius, in (mm)	30 (760)
Number of Bends, minimum (typical)	15 (25)
Bending Moment, ft-lb (N-m)	30 (41)
Cable Weight, lb/ft (kg/m)	1.78 (2.6)
Tensile Strength, lb (kg)	750 (340)
Flat Plate Crush Strength, lb/in (kg/mm)	175 (3.1)

\*For broadcast applications, specify TV channel or frequency.  
 \*\*12% lower attenuation at 800 MHz.

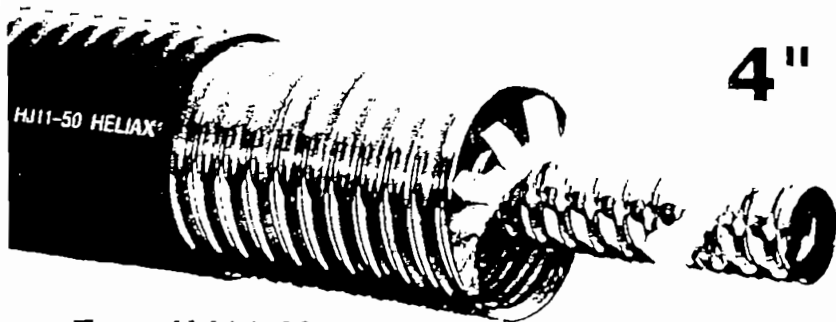
## Attenuation and Average Power

Frequency MHz	Attenuation dB/100 ft	Attenuation dB/100m	Average Power kW	Frequency MHz	Attenuation dB/100 ft	Attenuation dB/100 m	Average Power kW
0.5	0.0089	0.0292	320	400	0.317	1.04	16.8
1	0.0130	0.0427	320	450	0.341 (0.309†)	1.12 (1.01†)	15.6 (12.8†)
1.5	0.0162	0.0533	320	500	0.364	1.20	14.6
2	0.0190	0.0623	283	512	0.370	1.21	14.4
10	0.0430	0.141	124	600	0.409	1.34	13.0
20	0.0611	0.200	86.4	700	0.450	1.48	11.8
30	0.0750	0.246	70.0	800	0.488 (0.429†)	1.60 (1.41†)	10.8 (9.24†)
50	0.0980	0.322	54.0	824	0.497	1.63	10.6
88	0.131	0.430	39.7	894	0.523	1.72	10.0
100	0.140 (0.136†)	0.459 (0.448†)	37.0 (29.1†)	960	0.546	1.79	9.56
108	0.147	0.481	35.4	1000	0.560	1.84	9.30
150	0.178	0.584	29.5	1250	0.658	2.18	7.95
174	0.193	0.633	27.1	1500	0.750	2.48	7.00
200	0.208	0.682	25.0	1640	0.792	2.60	6.59
300	0.266	0.872	19.8				

### Standard Conditions:

For Attenuation. VSWR 1.0, ambient temperature 24 C (75 F), atmospheric pressure, dry air.

For Average Power. VSWR 1.0, inner temperature 121°C (250°F), ambient temperature 40°C (104°F), atmospheric pressure, dry air.  
 †3" cable with polyethylene dielectric.



# 4" Air Dielectric

50-ohm

## Type HJ11-50

### Solid Copper Corrugated Outer Conductor

Results in low loss, continuous RFI/EMI shielding to minimize interference and maximize system security while maintaining flexibility for ease of installation.

### High Power Handling

Results from low attenuation and excellent heat transfer characteristics.

### Weatherproof

Silicone gasketed connectors with pressure inlets. Designed to be pressurized for outdoor installations.

### Proven performance in applications such as:

- AM and FM radio broadcast systems
- UHF and VHF-TV broadcast systems
- HF communications
- Military communications systems
- Radar

### Characteristics

Nominal Size	4"
Impedance, ohms	50

### Cable Type Numbers

Standard Cable, Standard Jacket	HJ11-50*
Specially Tested and Selected Cable	
Broadcast, Low VSWR	42144*
54-216 MHz, 1.05 max. VSWR	
470-740 MHz, 1.08 max. VSWR	
740-806 MHz, 1.10 max. VSWR	

### Electrical Characteristics

Maximum Frequency, GHz	1.22
Velocity, percent	92
Peak Power Rating, kW	490
DC Resistance, ohms/1000 ft (1000 m)	
Inner	0.11 (0.36)
Outer	0.04 (0.13)
DC Breakdown, volts	20000
Jacket Spark, volts RMS	10000
Capacitance, pF/ft (m)	22.0 (72.2)
Inductance, $\mu$ H/ft (m)	0.055 (0.18)

### Mechanical Characteristics

Outer Conductor	Copper
Inner Conductor	Copper
Diameter over Jacket, in (mm)	4.00 (102)
Diameter over Copper Outer Conductor, in (mm)	3.84 (97)
Nominal Inside Transverse Dimensions, (cm)	8.55
Minimum Bending Radius, in (mm)	40 (1015)
Number of Bends, minimum (typical)	15 (30)
Bending Moment, ft-lb (N-m)	191 (259)
Cable Weight, lb/ft (kg/m)	2.50 (3.72)
Tensile Strength, lb (kg)	900 (408)
Flat Plate Crush Strength, lb/in (kg/mm)	280 (5.0)

\*For broadcast applications, specify TV channel or frequency.

### Attenuation and Average Power

Frequency MHz	Attenuation dB/100 ft	Attenuation dB/100m	Average Power kW	Frequency MHz	Attenuation dB/100 ft	Attenuation dB/100 m	Average Power kW
0.5	0.0071	0.0234	490	200	0.166	0.545	38.7
1	0.0100	0.0328	490	300	0.212	0.695	30.5
1.5	0.0122	0.0399	490	400	0.252	0.825	25.7
2	0.0140	0.0459	450	450	0.270	0.885	24.0
10	0.0330	0.108	191	500	0.287	0.943	22.6
20	0.0481	0.158	132	512	0.291	0.956	22.3
30	0.0600	0.197	107	600	0.320	1.05	20.3
50	0.0780	0.256	82.0	700	0.351	1.15	18.5
88	0.106	0.346	60.1	800	0.379	1.24	17.1
100	0.113	0.371	56.0	824	0.385	1.26	16.8
108	0.118	0.387	53.7	894	0.403	1.32	16.0
150	0.141	0.464	45.0	960	0.420	1.38	15.4
174	0.154	0.504	41.6	1000	0.430	1.41	15.0

#### Standard Conditions:

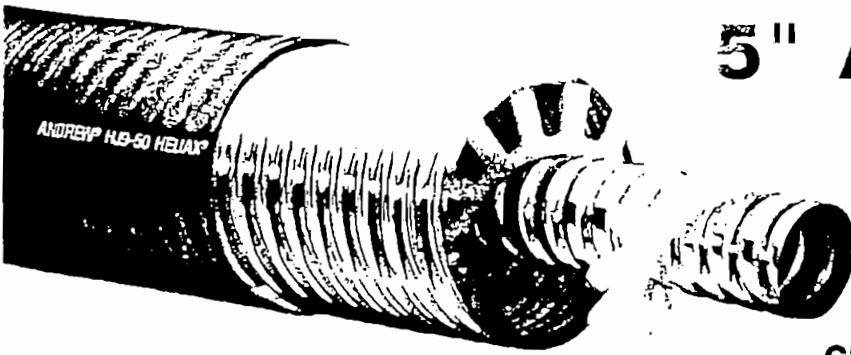
For Attenuation. VSWR 1.0, ambient temperature 24°C (75°F), atmospheric pressure, dry air.

For Average Power. VSWR 1.0, inner temperature 121°C (250°F), ambient temperature 40°C (104°F), atmospheric pressure, dry air.



# 5" Air Dielectric

50-ohm



## Type HJ9-50

### Solid Copper Corrugated Outer Conductor

Results in low loss, continuous RFI/EMI shielding to minimize interference and maximize system security while maintaining flexibility for ease of installation.

### High Power Handling

Results from low attenuation and excellent heat transfer characteristics.

### Weatherproof

Silicone gasketed connectors with pressure inlets. Designed to be pressurized for outdoor installations.

### Proven performance in applications such as:

- AM and FM radio broadcast systems
- UHF and VHF-TV broadcast systems
- HF communications
- Military communications systems
- Radar

### Attenuation and Average Power

Frequency MHz	Attenuation dB/100 ft	Attenuation dB/100m	Average Power kW
.5	0.0053	0.0173	765
1	0.0074	0.0243	765
1.5	0.0090	0.0296	648
2	0.0104	0.0341	560
10	0.0233	0.0764	247
20	0.0333	0.109	173
30	0.0410	0.135	141
50	0.0540	0.177	107
88	0.0736	0.242	78.3
100	0.0790	0.259	73.0
108	0.0823	0.270	70.1
150	0.0980	0.322	59.0
174	0.106	0.349	54.7

#### Standard Conditions:

For Attenuation. VSWR 1.0, ambient temperature 24°C (75°F), atmospheric pressure, dry air.

### Characteristics

Nominal Size	5"
Impedance, ohms	50

### Cable Type Numbers

Standard Cable, Standard Jacket	HJ9-50*
Specially Tested and Selected Cable Broadcast, Low VSWR	42142*
54-216 MHz, 1.05 max. VSWR	
470-740 MHz, 1.08 max. VSWR	
740-806 MHz, 1.10 max. VSWR	

### Electrical Characteristics

Maximum Frequency, GHz	0.96
Velocity, percent	93.1
Peak Power Rating, kW	765
DC Resistance, ohms/1000 ft (1000 m)	
Inner	0.1 (0.3)
Outer	0.04 (0.13)
DC Breakdown, volts	25000
Jacket Spark, volts RMS	12000
Capacitance, pF/ft (m)	21.7 (71.2)
Inductance, μH/ft (m)	0.055 (0.18)

### Mechanical Characteristics

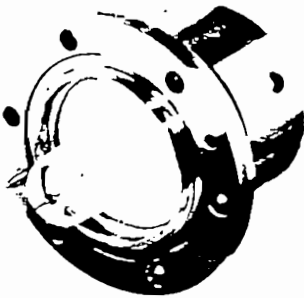
Outer Conductor	Copper
Inner Conductor	Copper
Diameter over Jacket, in (mm)	5.20 (133)
Diameter over Copper Outer Conductor, in (mm)	5.00 (127)
Nominal Inside Transverse Dimensions, (cm)	11.3
Minimum Bending Radius, in (mm)	50 (1270)
Number of Bends, minimum (typical)	15 (30)
Bending Moment, ft-lb (N·m)	200 (271)
Cable Weight, lb/ft (kg/m)	3.3 (4.9)
Tensile Strength, lb (kg)	1000 (454)
Flat Plate Crush Strength, lb/in (kg/mm)	275 (4.9)

\*For broadcast applications, specify TV channel or frequency.

Frequency MHz	Attenuation dB/100 ft	Attenuation dB/100 m	Average Power kW
200	0.115	0.377	51.0
300	0.143	0.471	41.0
400	0.168	0.551	35.2
450	0.180	0.589	32.7
500	0.191	0.626	30.7
512	0.193	0.634	30.3
600	0.212	0.695	27.5
700	0.231	0.759	25.0
800	0.250	0.820	23.0
824	0.254	0.835	22.6
894	0.267	0.875	21.5
960	0.278	0.912	20.5

For Average Power. VSWR 1.0, inner temperature 100°C (212°F), ambient temperature 40°C (104°F), atmospheric pressure, dry air.

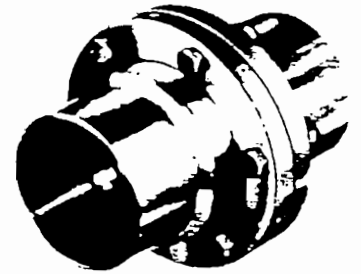
3" CABLE COMPONENTS



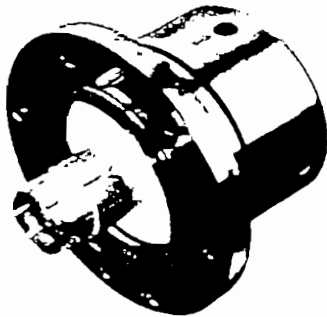
A



D



G



B



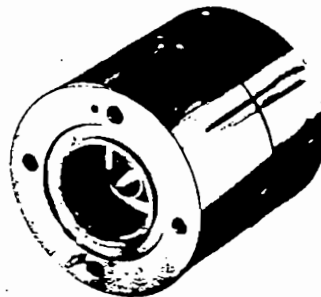
E



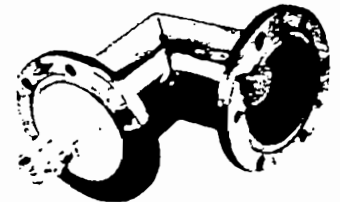
H



C



F



J

A 3-1/8" EIA Flange (Male)  
Captivated inner connector..... Type 78ARM

B 3-1/8" EIA Flange (Male)  
Includes gas barrier and captivated inner connector..... Type 78AGM

C 3-1/8" Inner Connector  
with PTFE anchor bead  
..... Type 15093A

D 3-1/8" EIA Flange  
(Female)  
No inner connector  
..... Type 78ARF

E 3-1/8" EIA Flange  
(Female)  
Includes gas barrier. No  
inner connector.....  
..... Type 78AGF

F Reducer Connector  
To 1-5/8" EIA flange  
includes inner connector  
..... Type 78AS

G Splice ..... Type 78BZ

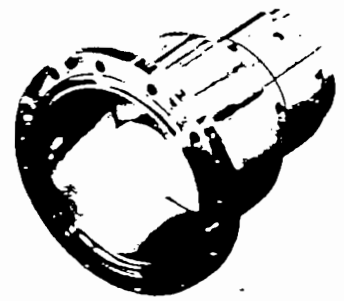
H 3-1/8" EIA End Terminal  
Includes inner connector  
50 ohm ..... Type 2062

J 90° 3-1/8" EIA Miter  
Elbow  
Includes inner connector  
50 ohm ..... Type 1062

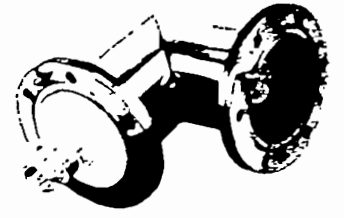
4" CABLE COMPONENTS



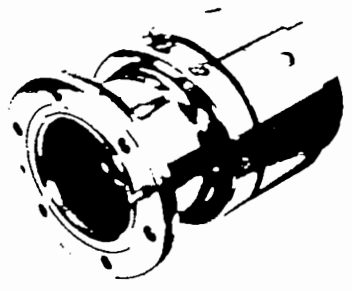
A



D



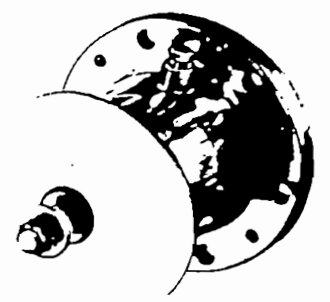
G



B



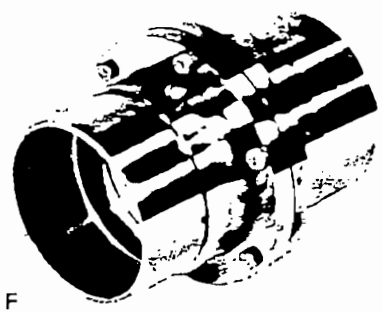
E



H



C



F



J

- A 3-1/8" EIA Flange (Female)  
Inner connector not included . . . . .Type 81RF
- B 3-1/8" EIA Flange (Female)  
With gas barrier. Inner connector not included . . . . .Type 81GF
- C 3-1/8" EIA Inner Connector  
With PTFE anchor bead . . . . .Type 15093A

- D 6-1/8" EIA Flange (Female)  
Inner connector not included.  
Without gas barrier . . . . .  
. . . . .Type 42896  
With gas barrier . . . . .  
. . . . .Type 42826
- E 6-1/8" EIA Inner Connector  
With PTFE anchor bead . . . . .Type 18902
- F Splice . . . . .Type 81Z

- G 90° 3-1/8" EIA Mitre Elbow  
Includes inner connector  
50 ohm . . . . .Type 1062
- H 3-1/8" End Terminal  
Includes inner connector  
50 ohm . . . . .Type 2062
- J Reducer  
3-1/8" to 1-5/8" EIA.  
Captivated 3-1/8" inner connector.  
50 ohm . . . . .Type 1861

## **ANEXO D**

### **EQUIPOS PARA HDTV**

# 1735 HD Multi-Format High Definition Waveform Monitor

1735 HD

- HDTV sweep speeds
- Full 30 MHz bandwidth
- Six video input channels
- Parade and overlay displays
- Half rack width
- Complete line select
- Accepts tri-level sync
- On-screen readouts
- Custom line/field rates available

The Tektronix 1735 HD is a multi-standard, wide bandwidth, television waveform monitor developed in support of high definition television production formats.

### Selectable operating formats

In addition to high definition production formats, the 1735 HD provides monitoring capabilities in 525 line/60 field and 625 line/50 field signal standards. The 1735 HD accepts tri-level or traditional bilevel synchronizing signals.

### Multiple, wideband inputs

Six wide-bandwidth input channels are provided for monitoring composite or component signals. New input amplifiers provide flat frequency response and excellent return loss characteristics through 30 MHz.

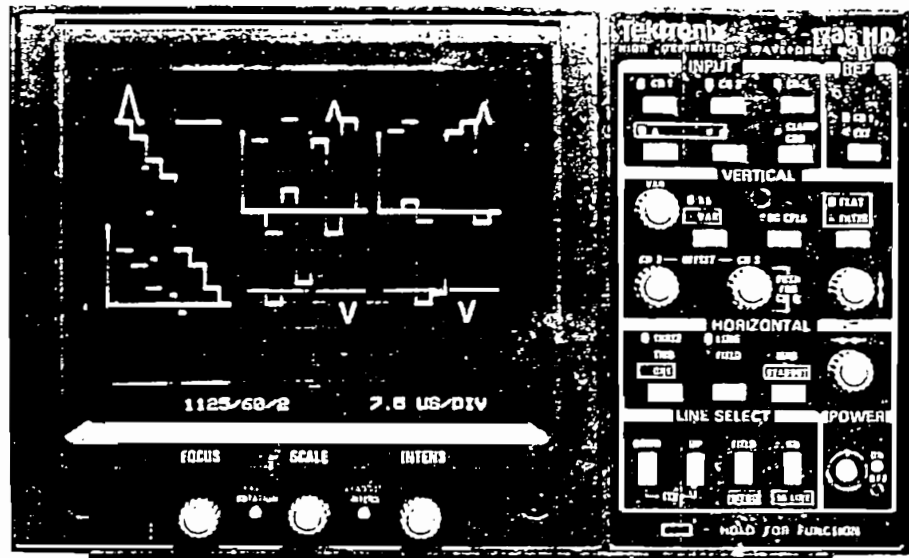
Input signal processing provides a choice of DC restoration or an unclamped display. Inputs may be referenced to ground. One signal may be displayed in a dual filter mode, with one line or field low pass filtered, and one unfiltered. When two or three different input signals are displayed, the second and third may be offset from the first to allow accurate comparison.

### Accurate timing measurements

To facilitate timing measurements in the critical high definition environment, up to three signals may be presented side by side or overlaid. A channel subtraction mode allows timing comparison using the Bowtie signal. Calibrated timing is facilitated by a versatile horizontal magnifier.

### Full line select

Full frame line select, with on-screen readout of line number, is provided in each television line/field format. The line to be displayed may be selected at the front panel and a predefined line may be easily recalled. The selected line is intensified in the field rate display and on the picture monitor output. A companion 1720 Series Vectorscope may be connected to display a vector presentation of a selected line or the full field signal in composite (NTSC or PAL) applications.



1735 HD Front Panel, 3-Channel display

### Microprocessor control

The 1735 HD High Definition Waveform Monitor is a microprocessor controlled instrument with a nonvolatile memory. On-screen menus allow selection of operating standard and screen display functions. Four user-defined front panel setups are available through a remote input connector. Also available for remote operation are selection of sweep rates, input channels, and activation of four line/field display. The companion 1720 Series Vectorscope's front panel setup follows the 1735 HD selection for quick recall of desired test and monitoring configurations.

## CHARACTERISTICS

### SIGNAL FORMAT

525/60/2, 525/60/1, 1050/60/2, 1050/60/1, 625/50/2, 625/50/1, 1250/50/2, 1250/50/1, 787/60/1, 1125/60/2, 312/75/1, 312/100/1, 312/125/1, 1250/25/1, 875/60/2, 875/60/2BV, 1023/60/2, 1112/60/2, 1117/60/2, 1118/60/2 lines/fields/fields per frame rates, selected by reference to on-screen menu. Other HDTV rates may be requested factory installed. Contact Tektronix Television sales office to request a quotation for rates not listed.

### SIGNAL INPUTS (VIDEO AND EXTERNAL REFERENCE)

Six video channels. One external reference channel.

**Return Loss** >35 dB, 50 kHz to 30 MHz, power on or off

**Input Impedance** >15k ohms

### VERTICAL DEFLECTION

**Deflection Factor** Within 1% of 1 V

**Variable Gain Range** +5, -20 dB

**Position Range** 1 V signal can be positioned so that peak white and sync tip can be placed at blanking level regardless of gain range. Channels 2 and 3 may be offset from channel 1. Channel group B may be offset from channel group A.

### FREQUENCY RESPONSE

**Flat** 50 kHz to 30 MHz within 2%

**Filter** >20 dB attenuation at 20 MHz. Response within 1% of flat response at 15 kHz

### TRANSIENT RESPONSE

**Overshoot** 1% or less

**Tilt** 1% or less

### DC RESTORATION

**Clamp Point** Back porch

**Mains Hum Attenuation** Slow clamp passes >90% of 50 Hz mains hum (0.9 dB atten). Fast clamp removes >95% of 60 Hz mains hum (26 dB atten)

**Blanking level shift with 10% to 90% APL change** 1% or less

### PICTURE MONITOR OUTPUT

Corresponds to waveform display.

**Frequency Response** 50 kHz to 30 MHz within 5%

**Differential Gain** <1% at 4.43 MHz

**Differential Phase** <1% at 4.43 MHz

**DC Level on Output** <0.1 V into 75 ohm load

**Intensification (Brightup)** ≈ 200 mV offset on select lines

**Output Impedance** 75 Ω nominal

# 1735 HD Multi-Format High Definition Waveform Monitor

**PICTURE MONITOR OUTPUT (CONTINUED)**

Return Loss	>26 dB 50 kHz to 30 MHz
Input to Output Gain Ratio	luminance 1:1 +5% at 15 kHz

**CALIBRATOR**

Amplitude	700 mV, +1%
-----------	-------------

**HORIZONTAL DEFLECTION SYSTEM**

Sweep	Sweep will occur with or without input signal
-------	---

**Line and Field Sweep**

Modes, with the

Following Characteristics

One	Displays one complete line or field
Two	Displays two lines or fields
Three	Displays sync trailing edge and video of three selected inputs
Four	Displays sync trailing edge and video of four selected inputs (mode accessed through remote connector)

Line magnification equals approximately x25 in one and three line modes x10 in two line mode.

Field magnification equals approximately x20.

Time/div appears on-screen if readout is turned on (in line mode, not field mode).

Timing Accuracy	1 $\mu$ s/division within 2%, 0.2 $\mu$ s/division within 3%
-----------------	---

Linearity	Within 1%
-----------	-----------

Differential Linearity	Within 2%
------------------------	-----------

Sweep Magnification Registration	Magnification occurs about the center of the screen in two line
----------------------------------	---

Position Range	Any portion of the synchronized video sweep can be positioned on screen in all sweep modes except 1-Line and 1-Field
----------------	--

**SYNCHRONIZATION**

Internal or External	1 V composite video or 300 mV (black to sync tip) sync +6 dB of nominal
----------------------	---

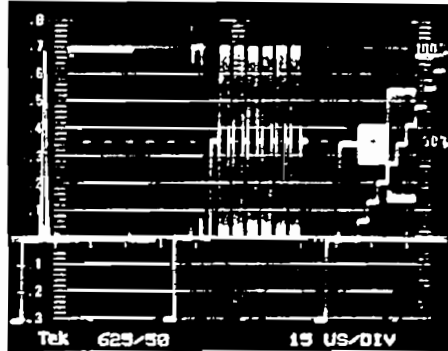
Sync Type	Bi-level or Tri-level
-----------	-----------------------

Remote Sync	TTL level, positive or negative edge, jumper selectable
-------------	---

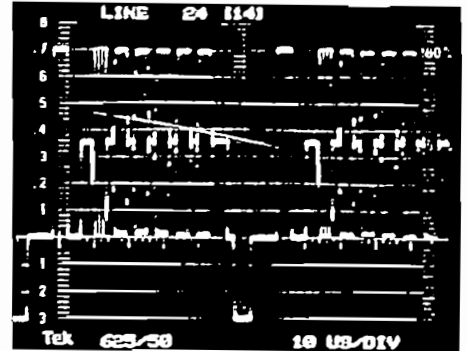
**SAFETY STANDARDS**

The following safety standards apply

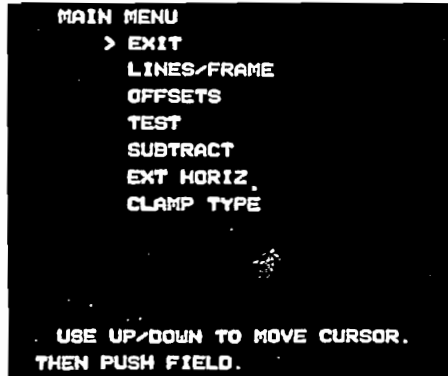
- UL 1244 1980
- Factory Mutual 3820
- ANSI C39.5
- CSA Electrical Bulletin No. 556B
- IEC 348, Second Edition
- VDE 0871.5 (Class B)
- FCC Part 15, Subpart J, Class A



Three Line Multiple Input display.



Two Line, Line Select display.



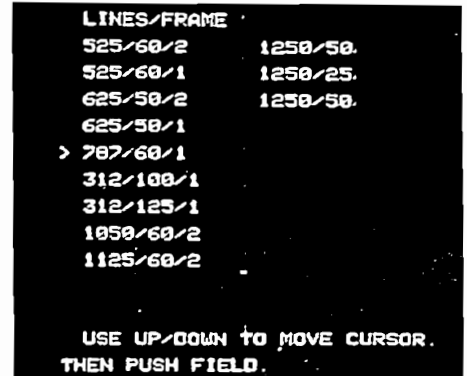
Sweep Standards and Microprocessor Test Routines are Menu Selectable.

**POWER SOURCE**

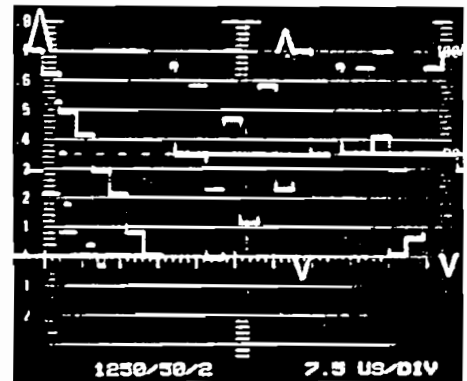
Mains Voltage Ranges	90-250 V
Mains Frequency Range	48-66 Hz
Power Consumption	55 Watts typical

**ENVIRONMENTAL**

Temperature	
Operating	0°C to 50°C
Altitude	Operating, to 15,000 ft
Transportation	Qualified under NSTA Project 1A-B-1



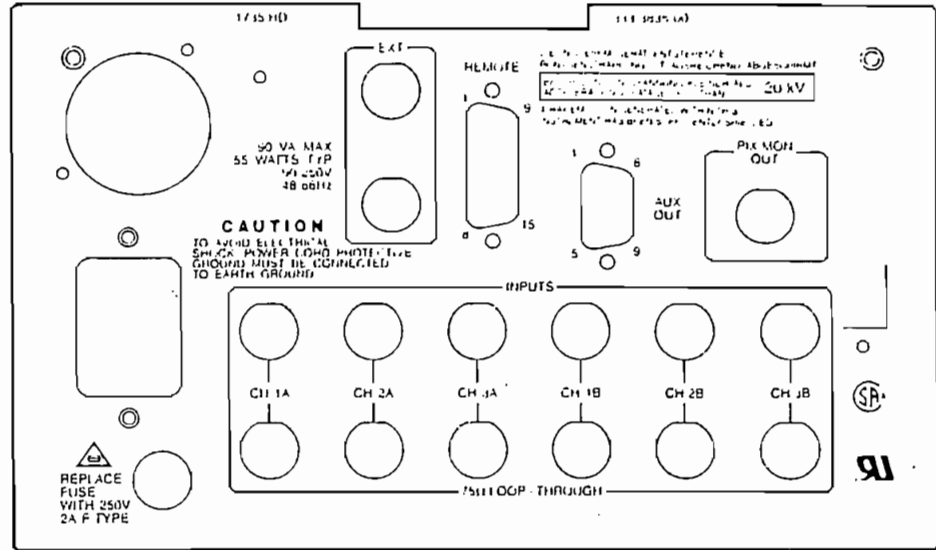
Sweep Standards are Installed to Customer Requirement.



Channels 2 & 3 Vertically Offset From Channel 1.

# 1735 HD Multi-Format High Definition Waveform Monitor

1735 HD



1735 HD rear panel.

## PHYSICAL CHARACTERISTICS

Dimensions	mm	in.
Height	133.4	5.25
Width	215.9	8.125
Depth	460.4	18.125
Weight	kg	lbs
	4.7	10.3

## ORDERING INFORMATION

1735 HD High Definition Television Waveform Monitor

When ordering, please use the nomenclature given here. The standard instrument is shipped without a case or handle. If your application is for bench or portable use, please order the appropriate enclosure from the optional accessories list. The 1735 HD is a UL-recognized component and meets the requirements for listing when used in the appropriate enclosure.

To order custom line and/or field rates, please contact your local Tektronix sales representative.

### OPTIONS

Option M2 — Remedial Service Support

Option M8 — Calibration Service

### OPTIONAL ACCESSORIES

1700F00 — Plain Cabinet (no handle or feet, painted silver grey)

1700F02 — Portable Cabinet (including handle, feet, and front cover, painted silver grey)

200-3897-01 — Snap on protective front cover

016-0475-00 — Viewing Hood

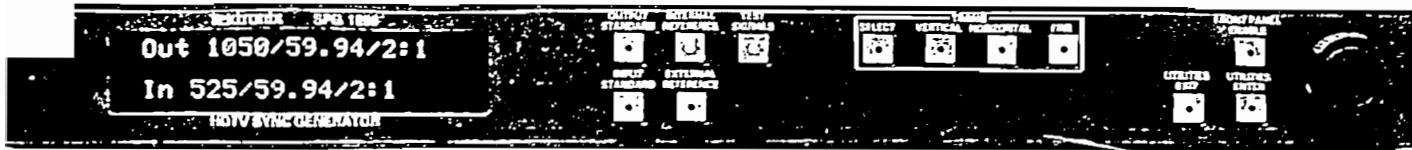
1700F05 — Side-by-side rack mount, adjustable front panel depth

1700F06 — Blank half rack width panel

1700F07 — Utility Drawer

C9 Option 20 — Camera

# SPG 1000 HDTV Sync Generator



SPG 1000 HDTV Sync Generator

- HDTV master or slave sync generator
- Three trilevel sync and one set of test signal outputs
- Sync locks to HDTV, NTSC, and PAL signals
- Genlock and sync timing controls
- Test signals to support post production operations
- Supplies genlock function for TSG1000 Series generators
- Ground closure or RS-232 remote control

The SPG1000 is a multi-format HDTV Sync Generator. Designed to support the HDTV production environment, the SPG 1000 also provides a genlock function and an external clock source for the TSG1000 Series Programmable and HDTV Generators.

### Sync Generator

The SPG 1000 provides master and slave sync generator capability. Independent selection of output and genlock input formats (see Table 1), timing advance and delay controls, and timing presets provide flexibility in system integration. In the absence of an incoming reference signal, the SPG 1000 automatically switches to its own stable internal reference.

### Test Signals

The SPG 1000 test signal complement is designed to support the operational requirements of the typical post production environment. These include picture monitor setup signals and bars for tape leaders.

The SPG 1000 test signal set includes:

- 100% color bars
- Plug with white clip indicator
- Black, grey, white, and red fields
- Convergence pattern with 5% overscan markers
- 5 step grey scale
- Timing signal with 1 ns markers

Test signals are provided in GBR and Y, P<sub>B</sub>, P<sub>R</sub> format.

### Controls and Indicators

All SPG 1000 operating selections and timing adjustments may be made from the front panel. Once all selections are made, the front panel controls may be disabled to prevent accidental changes to user settings. The vacuum fluorescent front panel display provides information on the front panel function currently selected.

### Remote Control

The SPG 1000 will provide RS-232 or ground closure remote control of most front panel functions. In addition, front panel settings may be stored and recalled through the remote control port.

### Ordering Information

The SPG 1000 may be ordered in a standard configuration (SPG 1000 Option 15) or in a user defined configuration.

The standard configuration provides the internal reference frequencies needed to support the most commonly used HDTV formats and related lower scan rate non-interlaced formats.

The user defined configuration allows selection of the internal reference frequencies required to support a specific set of operating requirements. Up to three of the available internal reference frequencies may be specified.

The currently available reference frequencies and the formats supported are outlined in Table 2. The SPG 1000 Option 15 includes Oscillators No. 1, 2, and 3.

Formats Supported	No. 1	No. 2	No. 3	No. 4
525/1:1				
1050/2:1	X			
1050/1:1				
625/1:1				
1250/2:1	X			
1250/1:1				
787/1:1		X		
1125/60/2:1			X	
1125/59.94/2:1				X

Oscillator Frequencies (MHz):

No. 1	72.0
No. 2	75.335664
No. 3	74.25
No. 4	74.175824

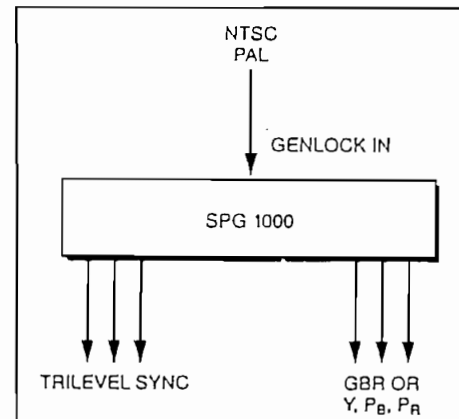


Figure 1 Using the SPG 1000 as a master SPG for an HDTV production island in a PAL or NTSC post facility.

TABLE 1 — OUTPUT FORMAT VS GENLOCK INPUT COMBINATIONS  
Selected Output Format

Will Genlock to these Input Formats	525/1:1	625/1:1	787/788	1125/60/2:1	1125/59.94/2:1
525/2:1					
525/1:1					
1050/2:1	X				
1050/1:1					
625/2:1					
625/1:1					
1250/2:1		X			
1250/1:1					
787/788					
525/2:1			X		
525/1:1					
1050/2:1					
1125/60/2:1				X	
1125/59.94/2:1					X



# SPG 1000 HDTV Sync Generator

SPG 1000

## CHARACTERISTICS

INTERNAL REFERENCES	
Frequencies	
Oscillator 1	72 000000 MHz $\pm 2$ Hz
Oscillator 2	75 335664 MHz $\pm 75$ Hz
Oscillator 3	74 250000 MHz $\pm 74$ Hz
Oscillator 4	74.175824 MHz $\pm 74$ Hz
External Lock Range	$\pm 10$ ppm

## CLOCK OUTPUTS

Format	Continuous clock signal with frame information encoded as a missing clock pulse
Frequency	Oscillator frequency
Output Levels	Balanced ECL
Impedance	75 $\Omega$
Connector	Twin-ax BNC
Return Loss	>30 dB at the clock frequency

## TEST SIGNAL GENERATOR

Output Formats	GBR and Y, P <sub>B</sub> , P <sub>R</sub>
Levels	
GBR	0 to 700 mV in each channel
Y, P <sub>B</sub> , P <sub>R</sub>	Y channel: 700 mV P <sub>B</sub> , P <sub>R</sub> channels: $\pm 350$ mV
Amplitude	
Accuracy	$\pm 1\%$ at 700 mV
Channel match	$\pm 0.5\%$ ; measured between any two channels
Channel to Channel Delay	$\leq 1$ ns; measured between any two channels
Signal-to-Noise Ratio	>50 dB unweighted to 300 MHz
Blanking Level	0 Vdc $\pm 50$ mV
Output Impedance	75 $\Omega$
Return Loss	$\geq 35$ dB to 30 MHz

## TEST SIGNALS

Color Bars	
GBR 100%	700 mV all channels
Y, P <sub>B</sub> , P <sub>R</sub> 100%	700 mV luminance $\pm 350$ mV color difference
Pluge	
GBR and Y	0, 175, 350, 525, and 700 mV amplitude references; $\pm 35$ mV black level sets; 840 mV clip indicator
Convergence Pattern	Vertical and horizontal lines with 5% overscan marks
Red Field	100% amplitude red
Black Field	0 V all channels
Grey Field	GBR and Y: 350 mV P <sub>B</sub> , P <sub>R</sub> : 0 V
White Field	GBR and Y: 700 mV P <sub>B</sub> , P <sub>R</sub> : 0 V
5 Step Grey Scale	GBR and Y: 700 mV
Timing Signal	Coarse and line timing elements with 1 ns markers

## SYNC GENERATOR

Output Format	Trilevel
Amplitude	300 mV $\pm 1\%$ 300 mV $\pm 1\%$
Time Offset	$\pm 1$ ns, measured between any two sync outputs $\pm 7$ ns, typical between sync and test signal outputs
Sync/Test Signal Timing Offset	
Reference point	Clock output
Ranges	
Vertical	$\pm 1/2$ frame in one line steps
Horizontal	$\pm 1/2$ line in clock cycle steps
Fine	$\pm 1/2$ clock cycle in steps of approximately 50 ps
Blanking Level	0 V $\pm 50$ mV
Output Impedance	75 $\Omega$
Return Loss	>30 dB to 30 MHz

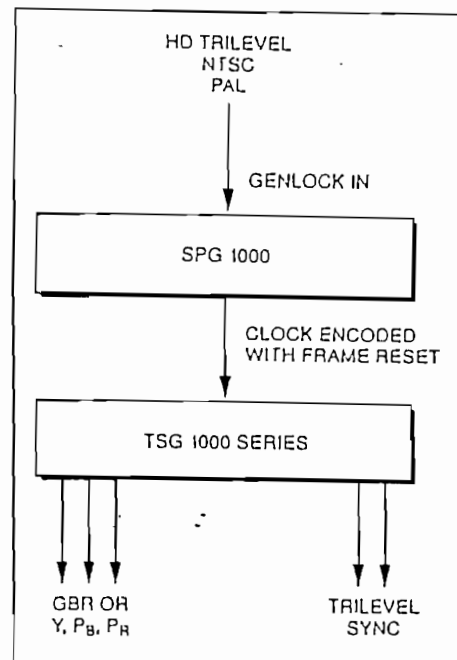


Figure 2 Using the SPG 1000 to lock a TSG 1000 Series generator

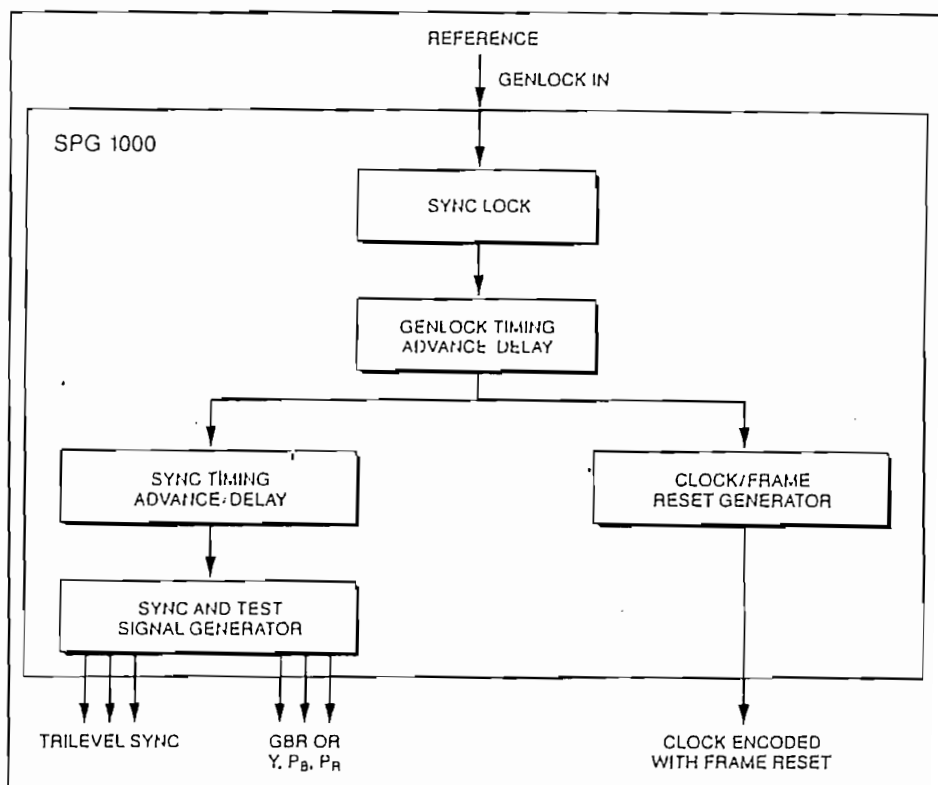
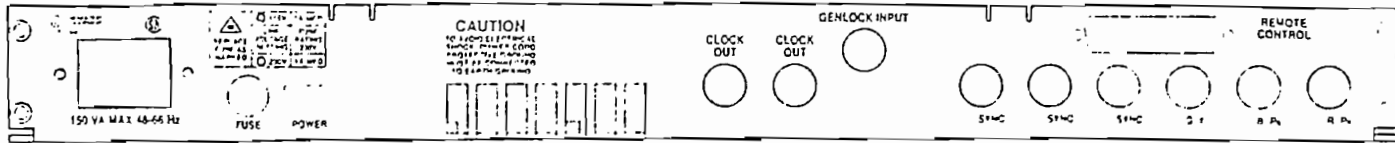


Figure 3 Functional diagram of SPG 1000 genlock and sync/test signal timing controls. TSG 1000 Series generators lock to the clock encoded with frame reset signal

# SPG 1000 HDTV Sync Generator



SPG 1000 rear panel.

### GENLOCK

Input Amplitude Range	±6 dB relative to nominal
Genlock Timing Error as a Function of:	
Input Amplitude	
Trilevel sync	≤0.5 ns; ±3 dB amplitude change
Bilevel sync	≤1.0 ns; ±3 dB amplitude change
Input APL	≤0.5 ns; 10% to 90% APL change
Input hum	≤0.5 ns; 0.5 V of hum
Input frequency	≤0.5 ns; ±10 ppm relative to nominal
Ambient temperature	≤1.0 ns; 0° to 50°C
Jitter	
Trilevel and Bilevel sync inputs	≤0.5 ns; ±3 dB input amplitude change and ≥60 dB input S/N ratio
Trilevel sync input	≤1.0 ns; ±3 dB input amplitude change and ≥35 dB S/N ratio
Bilevel sync input	≤3.0 ns; ±3 dB input amplitude change and ≥35 dB S/N ratio
Genlock Timing Offset	
Reference point	Genlock input signal
Ranges:	
Vertical	±1/2 frame in one line steps
Horizontal	±1/2 line in clock cycle steps
Fine	±1/2 clock cycle in steps of approximately 50 ps
Input Impedance	75 Ω
Return Loss	>40 dB to 5 MHz >30 dB to 30 MHz

### POWER REQUIREMENTS

Mains	
Voltage range	90 to 132 or 180 to 250 Vac
Frequency range	48 to 66 Hz
Power Consumption	85 W typical

### ENVIRONMENTAL

Temperature	
Operating	0° to 50°C
Non-Operating	-40° to 65°C

### PHYSICAL CHARACTERISTICS

Dimensions	mm	in
Height	44.4	1.75
Width	482.6	19.0
Depth	533.4	21.0
Weight	Kg	lbs
Net	5.44	12.0

### ORDERING INFORMATION

When ordering, specify SPG1000 Option 15, or the SPG1000 with any three of Options 01 through 04 (for example, Options 01, 03 and 04).

SPG1000 Option 15

Includes: Options 01, 02, and 03

Option 01 — Oscillator No. 1

Option 02 — Oscillator No. 2

Option 03 — Oscillator No. 3

Option 04 — Oscillator No. 4

Option M2 — Remedial Service Support

Option M8 — Calibration Service

**ANEXO E**

**RECOMENDACION 601**

**DEL CCIR**

## SECCIÓN 11F: MÉTODOS DIGITALES PARA TRANSMITIR LA INFORMACIÓN DE TELEVISIÓN

*Recomendaciones e Informes*

## RECOMENDACIÓN 601-1

## PARÁMETROS DE CODIFICACIÓN DE TELEVISIÓN DIGITAL PARA ESTUDIOS\*

(Cuestión 25/11, Programas de Estudios 25G/11, 25H/11)

(1982-1986)

El CCIR,

## CONSIDERANDO

- a) que existen claras ventajas para los organismos de radiodifusión y productores de programas de televisión en la existencia de normas de televisión digital para los estudios, de forma que tengan el mayor número de valores de parámetros significativos comunes a los sistemas de 525 y 625 líneas;
- b) que un método digital compatible en todo el mundo posibilitará el desarrollo de equipos con muchas características comunes, permitirá economías de explotación y facilitará el intercambio internacional de programas;
- c) que conviene disponer de una familia ampliable de normas compatibles de codificación digital; los niveles de dicha familia podrían corresponder a diferentes niveles de calidad, facilitar el tratamiento adicional requerido por las actuales técnicas de producción y tener en cuenta las necesidades futuras;
- d) que un sistema basado en la codificación de las componentes puede satisfacer algunos de estos objetivos deseables, o su totalidad;
- e) que la coincidencia en el espacio de las muestras que representan las señales de luminancia y de diferencia de color (o, en su caso, las señales de rojo, verde y azul) facilita el tratamiento de las señales componentes digitales que requieren las actuales técnicas de producción,

## RECOMIENDA, POR UNANIMIDAD:

Que se empleen los siguientes parámetros como base para las normas de codificación digital para estudios de televisión en aquellas zonas del mundo que utilizan tanto sistemas de 525 líneas como de 625 líneas:

## 1. Codificación de las componentes

La codificación digital debe basarse en el empleo de una señal de luminancia y de dos señales de diferencia de color (o, en su caso, señales de rojo, verde y azul).

Deben limitarse las características espectrales de las señales para eliminar el solape de los diferentes espectros. Cuando se utiliza una señal de luminancia y dos de diferencia de color como se define en el cuadro I, esto puede conseguirse utilizando los filtros definidos en las figs. 1 y 2, del anexo III. Cuando se utilizan señales  $E'_R$ ,  $E'_G$ ,  $E'_B$  o señales de luminancia y de diferencia de color según se define en el cuadro II del anexo I, se aplicará la característica definida por la fig. 1 del anexo III.

*Nota.* — Los valores utilizados para el filtro de luminancia en caso de obtención de muestras a 13,5 MHz. indicados en la fig. 1 del anexo III, han de considerarse como provisionales. Se insta a las administraciones a que efectúen rápidamente estudios para confirmar dichos valores.

## 2. Familia ampliable de normas compatibles de codificación digital

La codificación digital debe permitir el establecimiento y la evolución de una familia ampliable de normas compatibles de codificación digital.

Debe permitir el interfaz simple entre dos niveles cualesquiera de la familia.

El nivel de la familia que ha de utilizarse para el interfaz digital normalizado entre el equipo digital principal de estudio y para el intercambio internacional de programas (es decir, para el interfaz con los magnetoscopios y para el interfaz con los equipos de transmisión) debe ser aquel en que las frecuencias de muestreo de las señales de luminancia y de diferencia de color tienen una relación de 4 : 2 : 2.

\* Los principales términos de televisión digital utilizados en la Recomendación están definidos en el Informe 629.

En un posible nivel más alto de la familia, las frecuencias de muestreo de las señales de luminancia y de diferencia de color (o, en su caso, las señales de rojo, verde y azul) podrían tener una relación de 4 : 4 : 4. En el anexo I figuran especificaciones provisionales para el nivel con una relación de 4 : 4 : 4 (véase la nota).

*Nota.* — Se ruega a las administraciones que continúen con toda urgencia los estudios para especificar los parámetros de las normas digitales para otros niveles de la familia. Debe darse prioridad a los niveles de la familia por debajo de 4 : 2 : 2. El número de normas adicionales especificadas debe mantenerse en el mínimo.

### 3. Especificaciones aplicables a cualquier nivel de la familia

3.1 Las estructuras de muestreo deben ser estáticas en el espacio. Este es el caso, por ejemplo, de la estructura de muestreo ortogonal especificada en el punto 4 a continuación de la presente Recomendación para el nivel de la familia de relación 4 : 2 : 2.

3.2 Si las muestras representan la señal de luminancia y dos señales simultáneas de diferencia de color, cada par de muestras de diferencia de color deben tener igual ubicación en el espacio. Si se utilizan muestras que representan las señales de rojo, verde y azul, deben tener igual ubicación en el espacio.

3.3 La norma digital adoptada para cada nivel de la familia debe hacer posible la aceptación y aplicación a nivel mundial en la explotación; una condición para lograr este objetivo es que, en cada nivel de la familia, el número especificado de muestras por línea para los sistemas de 525 y 625 líneas sea compatible. (De ser posible, conviene que haya un número igual de muestras por línea.)

### 4. Valores de los parámetros de codificación para el nivel de la familia de relación 4 : 2 : 2

La siguiente especificación (cuadro I) es aplicable a nivel de la familia de relación 4 : 2 : 2, que ha de utilizarse para el interfaz digital normalizado entre los equipos digitales principales de estudio y para el intercambio internacional de programas.

CUADRO 1 — Valores de los parámetros de codificación para el nivel de la familia de relación 4:2:2

Parámetros	Sistemas de 525 líneas <sup>(1)</sup> 60 tramas/s	Sistemas de 625 líneas <sup>(1)</sup> 50 tramas/s
1. Señales codificadas: $Y$ , $C_R$ , $C_B$	Estas señales se obtienen a partir de señales con precorrección gamma es decir: $E'_1$ , $E'_R - E'_1$ , $E'_B - E'_1$ (véase el anexo 11, § 2)	
2. Número de muestras por línea completa: — Señal de luminancia ( $Y$ ) — Cada señal de diferencia de color ( $C_R$ , $C_B$ )	858  429	864  432
3. Estructura de muestreo	Ortogonal, repetitiva en cada línea, en cada trama y en cada imagen. Las muestras de las señales $C_R$ y $C_B$ coinciden en el espacio con las muestras impares (1. <sup>a</sup> , 3. <sup>a</sup> , 5. <sup>a</sup> , etc.) de la señal $Y$ en cada línea	
4. Frecuencia de muestreo: — Señal de luminancia — Cada señal de diferencia de color	13,5 MHz <sup>(2)</sup> 6,75 MHz <sup>(2)</sup>  La tolerancia para las frecuencias de muestreo debe coincidir con la tolerancia para las frecuencias de línea de la norma de televisión en color que corresponda	
5. Forma de codificación	MIC con cuantificación uniforme. 8 bits por muestra, tanto para la señal de luminancia como para las señales de diferencia de color	
6. Número de muestras por línea activa digital: — Señal de luminancia — Cada señal de diferencia de color	720 360	
7. Relación de temporización horizontal analógico-digital: — Desde el final de la línea activa digital hasta 0 <sub>H</sub>	16 periodos del reloj de luminancia	12 periodos del reloj de luminancia
8. Correspondencia entre los niveles de la señal de video y los niveles de las señales de cuantificación: — Escala — Señal de luminancia — Cada señal de diferencia de color	0 a 255 220 niveles de cuantificación: el nivel de negro corresponde al nivel 16 y el nivel de blanco de cresta corresponde al nivel 235. El nivel de la señal puede ocasionalmente sobrepasar el nivel 235 225 niveles de cuantificación en la parte central de la escala de cuantificación: la señal cero corresponde al nivel 128	
9. Uso de palabras de código	Las palabras de código que corresponden a los niveles de cuantificación 0 y 255 se utilizan exclusivamente para sincronización. Los niveles 1 a 254 están disponibles para video	

<sup>(1)</sup> Véase el cuadro I del Informe 624.

<sup>(2)</sup> Las frecuencias de muestreo a 13,5 MHz (luminancia) y a 6,75 MHz (diferencia de color) son múltiplos enteros de la frecuencia 2,25 MHz, mínimo común múltiplo de las frecuencias de línea en los sistemas de 525/60 y 625/50 líneas, lo que da lugar a un diagrama de muestreo ortogonal estático para ambos.

## ANEXO I

## ESPECIFICACIÓN PROVISIONAL PARA EL NIVEL DE LA FAMILIA DE RELACIÓN 4:4:4

En el presente anexo figura una especificación provisional para el nivel de la familia de normas de codificación digital de relación 4:4:4.

La siguiente especificación podría aplicarse al nivel de la familia de relación 4:4:4 adecuado para equipos de fuente de señales de televisión y aplicaciones de tratamiento de señales de video de alta calidad.

CUADRO II — Especificación provisional para el nivel de la familia de relación 4:4:4

Parámetros	Sistemas de 525 líneas 60 tramas/s	Sistemas de 625 líneas 50 tramas/s
1. Señales codificadas: $Y$ , $C_R$ , $C_B$ o $R$ , $G$ , $B$	Estas señales se obtienen a partir de señales con precorrección gamma, es decir: $E'_Y$ , $E'_R - E'_1$ , $E'_B - E'_1$ o $E'_R$ , $E'_G$ , $E'_B$	
2. Número de muestras por línea completa para cada señal	858	864
3. Estructura de muestreo	Ortogonal, repetitiva en cada línea, en cada trama y en cada imagen. Las tres estructuras de muestreo deben ser coincidentes tanto entre sí como con la estructura de muestreo de luminancia del nivel de relación 4:2:2	
4. Frecuencia de muestreo para cada señal	13,5 MHz	
5. Forma de codificación	MIC con cuantificación uniforme: al menos 8 bits por muestra	
6. Duración de la línea activa digital expresada en número de muestras	Al menos 720	
7. Correspondencia entre los niveles de la señal de video y los 8 bits más significativos del nivel de cuantificación de cada muestra:	<ul style="list-style-type: none"> <li>— Escala 0 a 255</li> <li>— Señales <math>R</math>, <math>G</math>, <math>B</math> o señal de luminancia <sup>(1)</sup> 220 niveles de cuantificación; el nivel de negro corresponde al nivel 16 y el nivel de blanco de cresta corresponde al nivel 235. El nivel de la señal puede ocasionalmente sobrepasar el nivel 235</li> <li>— Cada señal de diferencia de color <sup>(1)</sup> 225 niveles de cuantificación en la parte central de la escala de cuantificación; la señal cero corresponde al nivel 128</li> </ul>	

<sup>(1)</sup> Si se utiliza.

ANEXO II

DEFINICIÓN DE LAS SEÑALES UTILIZADAS EN LAS NORMAS DE CODIFICACIÓN DIGITAL

1. Relación entre la línea activa digital y la referencia analógica de sincronismo

Se muestra seguidamente la relación entre las 720 muestras de luminancia de la línea activa digital y la referencia analógica de sincronismo para sistemas de 625 y 525 líneas.

CUADRO III

Sistemas de 525 líneas 60 tramas/s	122 T	720 T	16 T	
0 <sub>II</sub> (flanco anterior de los sincronismos de línea, referencia amplitud mitad)		Periodo de línea activa digital		Línea siguiente 0 <sub>II</sub>
Sistemas de 625 líneas 50 tramas/s	132 T	720 T	12 T	

T: Periodo del reloj de muestreo de luminancia (74 ns nominales).

Los números respectivos de muestras de diferencia de color se pueden obtener dividiendo el número de muestras de luminancia por 2. Los números (12, 132) y (16, 122) se escogieron para disponer simétricamente la línea activa digital con respecto a las variaciones permitidas. No forman parte de la especificación de la línea digital y sólo se refieren a interfaces analógicos.

2. Definición de las señales digitales Y, C<sub>R</sub>, C<sub>B</sub>, partiendo de las señales (analógicas) primarias E'<sub>R</sub>, E'<sub>G</sub> y E'<sub>B</sub>

Para definir las señales Y, C<sub>R</sub>, C<sub>B</sub>, se describen aquí las reglas de construcción de esas señales partiendo de las señales analógicas primarias E'<sub>R</sub>, E'<sub>G</sub>, E'<sub>B</sub>. Esta construcción encadena las tres etapas descritas más adelante en los § 2.1, 2.2 y 2.3, y se da a título de ejemplo. En la realización práctica hay otros métodos de construcción que, aplicados a esas señales primarias o a otras señales analógicas o digitales, pueden conducir a resultados idénticos. En el § 2.4 se da un ejemplo.

2.1 Construcción de las señales de luminancia (E'<sub>Y</sub>) y de diferencia de color (E'<sub>R</sub> - E'<sub>Y</sub>) y (E'<sub>B</sub> - E'<sub>Y</sub>)

La construcción de las señales de luminancia y de diferencia de color es la siguiente:

$$E'_Y = 0,299 E'_R + 0,587 E'_G + 0,114 E'_B \quad (\text{Véase la nota})$$

donde:

$$\begin{aligned} (E'_R - E'_Y) &= E'_R - 0,299 E'_R - 0,587 E'_G - 0,114 E'_B \\ &= 0,701 E'_R - 0,587 E'_G - 0,114 E'_B \end{aligned}$$

y:

$$\begin{aligned} (E'_B - E'_Y) &= E'_B - 0,299 E'_R - 0,587 E'_G - 0,114 E'_B \\ &= -0,299 E'_R - 0,587 E'_G + 0,886 E'_B \end{aligned}$$

Nota. - Véase el Informe 624, cuadro II.



Suponiendo que los valores de las señales están normalizados a la unidad (ejemplo, niveles máximos de 1,0 V), los valores que se obtienen para los colores blanco, negro, los colores primarios saturados y sus complementarios son los siguientes:

CUADRO IV

Condición	$E'_R$	$E'_G$	$E'_B$	$E'_Y$	$E'_R - E'_Y$	$E'_B - E'_Y$
Blanco	1,0	1,0	1,0	1,0	0	0
Negro	0	0	0	0	0	0
Rojo	1,0	0	0	0,299	0,701	-0,299
Verde	0	1,0	0	0,587	-0,587	-0,587
Azul	0	0	1,0	0,114	-0,114	0,886
Amarillo	1,0	1,0	0	0,886	0,114	-0,886
Cian	0	1,0	1,0	0,701	-0,701	0,299
Magenta	1,0	0	1,0	0,413	0,587	0,587

## 2.2 Construcción de las señales de diferencia de color renormalizadas ( $E'_{C_r}$ y $E'_{C_a}$ )

Aunque los valores de  $E'_Y$  están ya comprendidos en la gama de 1,0 a 0, los de  $(E'_R - E'_Y)$  se sitúan en la gama de +0,701 a -0,701, y los de  $(E'_B - E'_Y)$  en la gama de +0,886 a -0,886. Para renormalizar respecto a la unidad la gama de las señales de diferencia de color (es decir, de +0,5 a -0,5), se pueden calcular los coeficientes siguientes:

$$K_R = \frac{0,5}{0,701} = 0,713; K_B = \frac{0,5}{0,886} = 0,564$$

Entonces:

$$E'_{C_r} = 0,713 (E'_R - E'_Y) = 0,500 E'_R - 0,419 E'_G - 0,081 E'_B$$

y:

$$E'_{C_a} = 0,564 (E'_B - E'_Y) = -0,169 E'_R - 0,331 E'_G + 0,500 E'_B$$

donde  $E'_{C_r}$  y  $E'_{C_a}$  son las señales renormalizadas de diferencia de color para rojo y azul, respectivamente (véanse las notas 1 y 2).

*Nota 1.* — Los símbolos ( $E'_{C_r}$  y  $E'_{C_a}$ ) se reservarán para designar las señales de diferencia de color «renormalizadas», es decir, las que tengan una amplitud nominal cresta cresta idéntica a la de la señal de luminancia  $E'_Y$ , elegida así como referencia de amplitud.

*Nota 2.* — En el caso en que las señales de las componentes no estén normalizadas en la gama de 1 a 0 (por ejemplo, cuando se efectúa la conversión a partir de señales componentes analógicas, con amplitudes de luminancia y de diferencia de color desiguales), se necesitará un factor de ganancia adicional y deberán modificarse en consecuencia los factores de ganancia  $K_R$ ,  $K_B$ .

2.3 *Cuantificación*

En el caso de una codificación binaria de 8 bits con cuantificación uniforme, se especifican  $2^8$ , es decir, 256 niveles de cuantificación equidistante, con lo que la gama de números binarios disponibles va de 0000 0000 a 1111 1111 (00 a FF en la notación hexadecimal) siendo los números decimales equivalentes 0 a 255.

En el caso del sistema 4 : 2 : 2 descrito en esta Recomendación, los niveles 0 y 255 se reservan para datos de sincronización, en tanto que los niveles 1 a 254 se utilizarán para video.

Dado que la señal de luminancia sólo va a ocupar 220 niveles, para proporcionar márgenes de trabajo y que el negro se encuentre en el nivel 16, el valor decimal de la señal de luminancia,  $\bar{Y}$ , antes de la cuantificación es:

$$\bar{Y} = 219 (E'_Y) + 16,$$

y el número de nivel correspondiente, después de la cuantificación, es el número entero más próximo.

Análogamente, como las señales de diferencias de color van a ocupar 225 niveles y como el nivel 0 va a ser el nivel 128, los valores decimales de las señales de diferencia de color,  $\bar{C}_R$  y  $\bar{C}_B$ , antes de la cuantificación son:

$$\bar{C}_R = 224 [0,713 (E'_R - E'_Y)] + 128$$

y:

$$\bar{C}_B = 224 [0,564 (E'_B - E'_Y)] + 128$$

que simplificando se convierte en:

$$\bar{C}_R = 160 (E'_R - E'_Y) + 128$$

y:

$$\bar{C}_B = 126 (E'_B - E'_Y) + 128$$

y el número de nivel correspondiente, después de la cuantificación, es el número entero más próximo.

Los equivalentes digitales se denominan  $Y$ ,  $C_R$  y  $C_B$ .

2.4 *Construcción de  $Y$ ,  $C_R$ ,  $C_B$  mediante la cuantificación de  $E'_R$ ,  $E'_G$ ,  $E'_B$*

Cuando las componentes se obtienen directamente de las señales componentes con corrección gamma  $E'_R$ ,  $E'_G$ , y  $E'_B$  o se genera directamente en forma digital, la cuantificación y la codificación serán equivalentes a:

$$E'_{R_n} \text{ (en forma digital) } = \text{Parte entera de } (219 E'_R) + 16$$

$$E'_{G_n} \text{ (en forma digital) } = \text{Parte entera de } (219 E'_G) + 16$$

$$E'_{B_n} \text{ (en forma digital) } = \text{Parte entera de } (219 E'_B) + 16$$

Por consiguiente:

$$Y = \frac{77}{256} E'_{R_n} + \frac{150}{256} E'_{G_n} + \frac{29}{256} E'_{B_n}$$

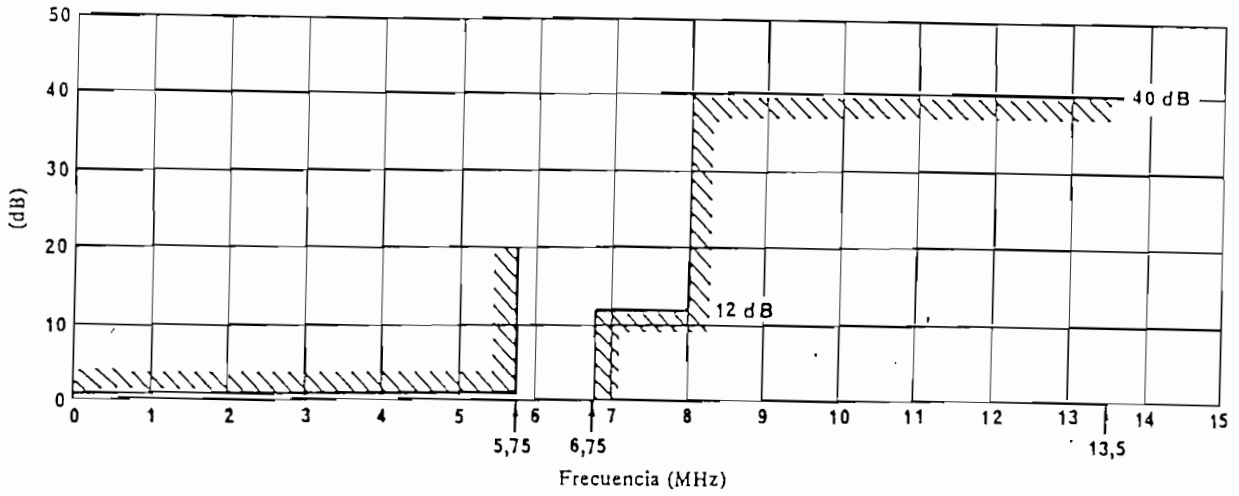
$$C_R = \frac{131}{256} E'_{R_n} - \frac{110}{256} E'_{G_n} - \frac{21}{256} E'_{B_n} + 128$$

$$C_B = -\frac{44}{256} E'_{R_n} - \frac{87}{256} E'_{G_n} + \frac{131}{256} E'_{B_n} + 128$$

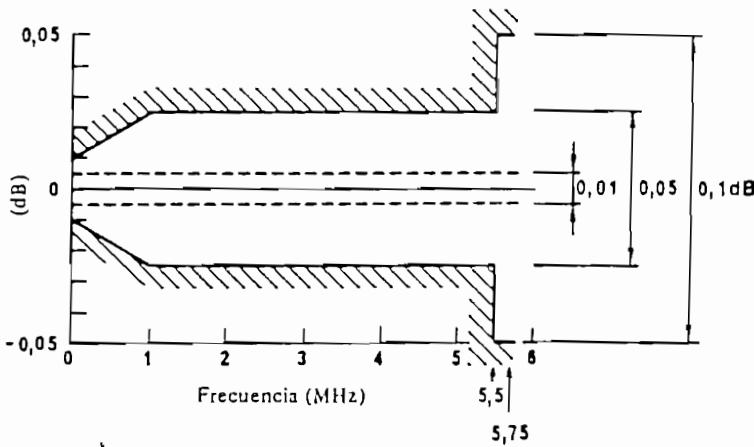
tomando la base de coeficientes enteros más próxima 256. Para obtener las componentes 4 : 2 : 2  $Y$ ,  $C_R$ ,  $C_B$ , debe efectuarse el filtrado de paso bajo y el submuestreo en las señales 4 : 4 : 4  $C_R$ ,  $C_B$  anteriormente descritas. Conviene tomar nota de que podría haber ligeras diferencias entre las componentes  $C_R$ ,  $C_B$ , obtenidas de este modo y las obtenidas por filtrado analógico antes del muestreo.

ANEXO III

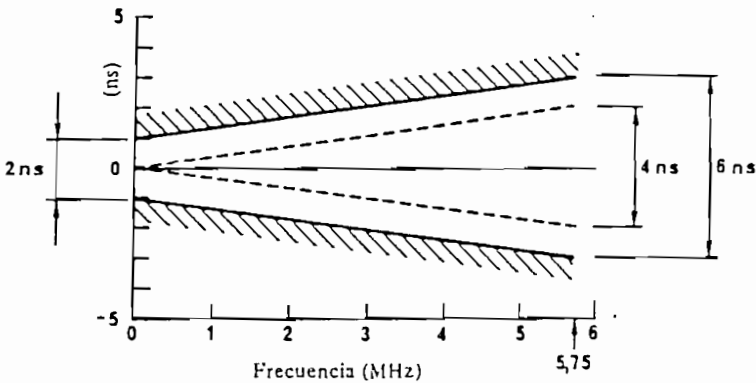
CARACTERÍSTICAS DE FILTRADO



a) Máscara de la característica de pérdida de inserción en función de la frecuencia



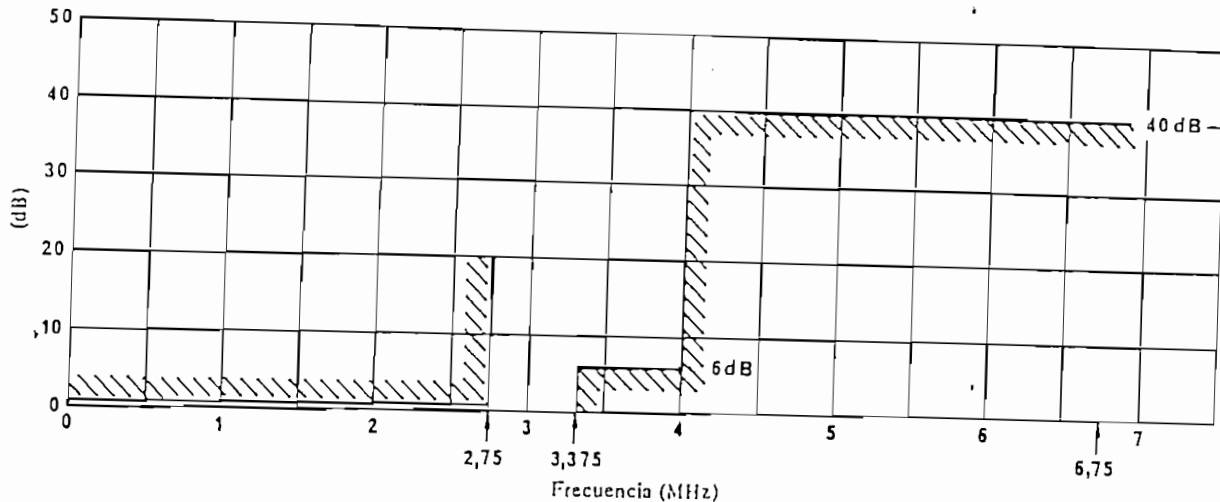
b) Tolerancia para el rizado en la banda de paso



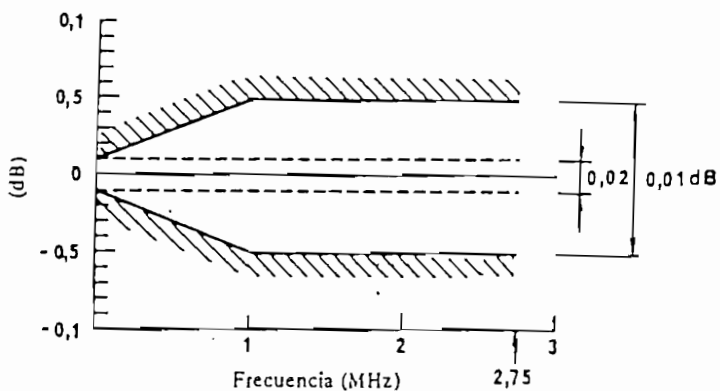
c) Tolerancia para el retardo de grupo en la banda de paso

FIGURA 1 - Especificación de un filtro para las señales de luminancia o RGB utilizado cuando se muestra a 13,5 MHz

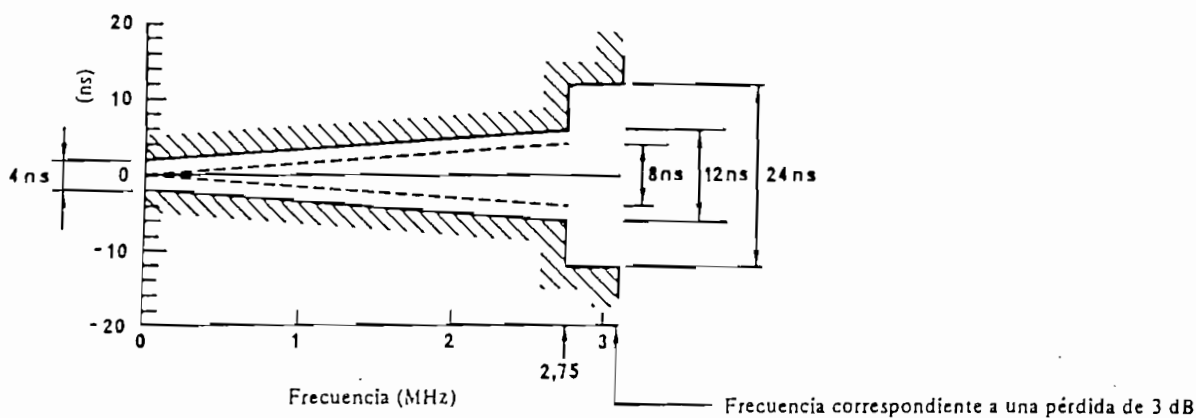
Nota. - Los valores más bajos de la escala de ordenadas en las figs. 1b) y 1c) corresponden a 1 kHz (en vez de 0 MHz).



a) Máscara de la característica de pérdida de inserción en función de la frecuencia



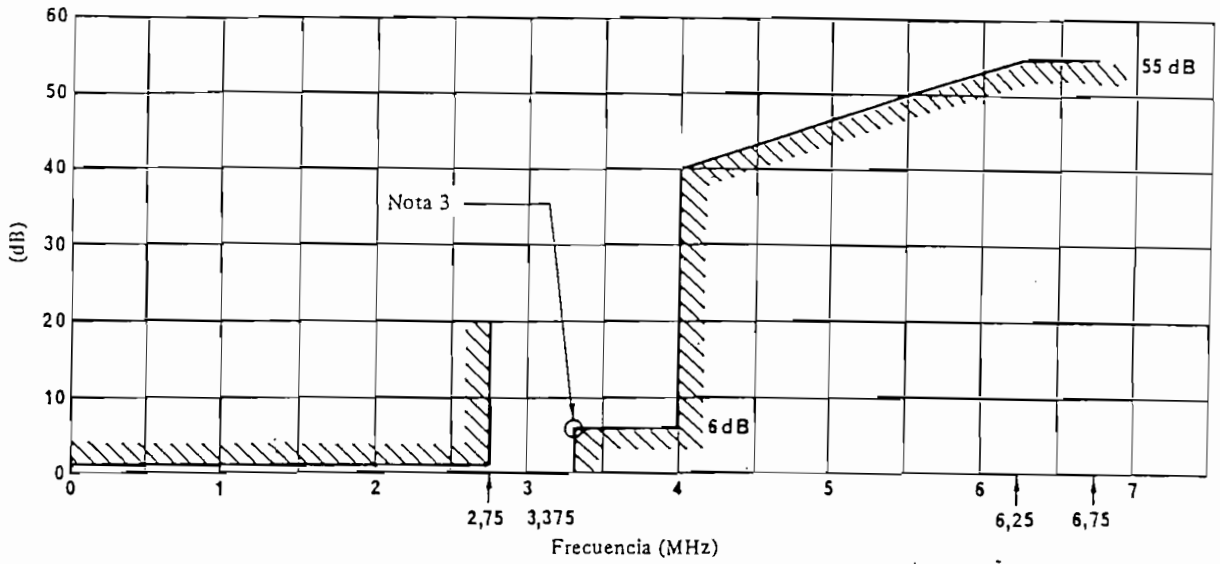
b) Tolerancia para el rizado en la banda de paso



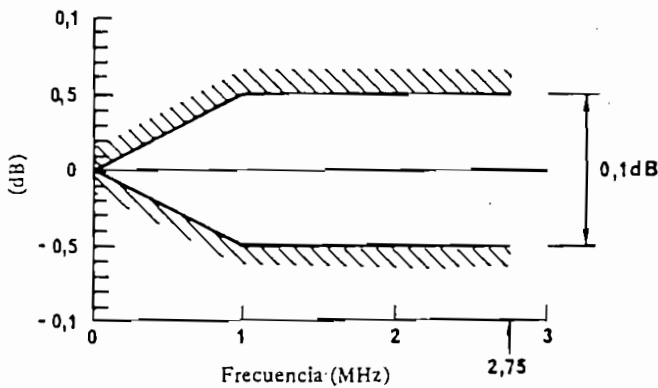
c) Tolerancia para el retardo de grupo en la banda de paso

FIGURA 2 - Especificación de un filtro para la señal de diferencia de color, utilizado cuando se muestrea a 6,75 MHz

Nota. - Los valores más bajos de la escala de ordenadas en las figs. 2b) y 2c) corresponden a 1 kHz (en vez de 0 MHz).



a) Máscara de la característica de pérdida de inserción en función de la frecuencia



b) Tolerancia para el rizado en la banda de paso

FIGURA 3 — Especificación de un filtro digital para la conversión de frecuencia de muestreo de señales de diferencia de color de relación 4 : 4 : 4 a señales de relación 4 : 2 : 2

Notas relativas a las figs. 1, 2 y 3 anteriores:

Nota 1. — El rizado y el retardo de grupo se especifican respecto de sus valores a 1 kHz. Las líneas continuas representan los límites prácticos y las líneas de trazo discontinuo indican los límites sugeridos para el diseño teórico.

Nota 2. — En el filtro digital, los límites prácticos y de diseño son los mismos. La distorsión de retardo es cero, por diseño.

Nota 3. — En el filtro digital (fig. 3), la característica de amplitud en función de la frecuencia (en escalas lineales) debe ser asimétrica respecto del punto de amplitud mitad, que se indica en la figura.

Nota 4. — En las propuestas para los filtros utilizados en los procesos de codificación y decodificación, se ha supuesto que se introduce la corrección de la característica ( $\sin x/x$ ) del circuito de muestreo y retención en los filtros que van a continuación de la conversión digital-analógica.

**ANEXO F**

**RECOMENDACION 709**

**DEL CCIR**

### RECOMENDACION 709

VALORES DE LOS PARAMETROS BASICOS DEL ESTANDAR HDTV PARA ESTUDIO E INTERCAMBIO INTERNACIONAL DE PROGRAMAS. ( Cuestión 27/11 ).

El CCIR,

Considerando:

- Que los parámetros de estándar de estudio HDTV necesitan ser escogidos para facilitar:
  - La producción de programas en HDTV.
  - El intercambio internacional de programas HDTV.
  - La introducción de servicios de transmisión HDTV.
  - El uso de la HDTV para aplicaciones no broadcast.
- Que este trabajo está sujeto a la cuestión 27/11 y a los programas de estudio derivados de ella.
- Que habrá grandes beneficios para los productores de programas y broadcasters con la adopción de un estándar mundial único para la producción de programas HDTV e intercambio internacional de los mismos.
- Que los broadcasters y productores de programas tienen un requerimiento para unir la producción internacional en HDTV.
- Que el estándar de estudio HDTV debe ser armonizado con los sistemas de televisión actuales y en desarrollo y con los de película de imagen en movimiento existentes.

Recomienda por unanimidad:

- Que los siguientes parámetros sean usados en la generación de señales en estudios de Alta Definición y para el intercambio internacional de programas en HDTV.

**Nota:** En esta recomendación el modelo de procesado referido a continuación está asumido. Los parámetros se expresan así utilizando el concepto de la representación digital de componentes. Los parámetros analógicos se derivan de esta representación digital.

MODELO DE PROCESADO

- Representación de la imagen óptica como un grupo de tres imágenes conceptuales en forma eléctrica.
- Muestreo de esas imágenes conceptuales y ordenación de las muestras.
- Conversión de las muestras a un grupo de señales eléctricas ( R, G, B ).
- Formateo del grupo de señales R, G, B.
- Escalado analógico, inserción de intervalos de borrado y suma de las señales de sincronismo.
- Escalado digital, multiplexación y adición de las referencias de temporización.

Conversión opto-electrónica.

PUNTO	CARACTERISTICAS		
	PARAMETRO	VALOR	
1.1	Característica de transferencia opto-electrónica antes de la precorrección no lineal.	Asumida lineal.	
1.2	Característica de transferencia opto-electrónica conjunta en la fuente	$V = 1,099 L^{0,999}$ para $L > 0,0116$ $V = 4,500 L$ para $L > 0,0116$ donde: L: Luminancia de la imagen. $0 \leq L \leq 1$ V: señal eléctrica correspondiente.	
1.3	Coordenadas de cromaticidad (CIE 1931). - Para primarios de referencia, ver nota. - Para primarios internos referirse a la tecnología de presentación actual.	PRIMAR.      COORDENADAS x      y ROJO      0,640      0,330 VERDE      0,300      0,600 AZUL      0,150      0,060	
1.4	Cromaticidad asumida para señales primarias iguales. $E_r = E_g = E_b$ (Blanco de referencia).	COORDENADAS x      y 0,3127      0,3290	

Fig. A2.19 Conversión opto-electrónica.



**Nota:** Los estudios realizados para establecer los valores de los parámetros para los colores primarios de referencia, procesado no lineal y matizado del video, están en vías de realizarse para futuros displays con rendimiento de color mejorado y optimizar la transformación entre HDTV, película gráfica e imagen impresa en color (ver Anexo 2.1). Las administraciones urgen para presentar los resultados de estos estudios en los encuentros de grupos interinos en el periodo de estudio del CCIR de 1.990 a 1.994, con el objeto de dar finalmente los valores apropiados en ese momento

**Características de la imagen**

PUNTO	CARACTERISTICAS	
	PARAMETRO	VALOR
2.1	Relación de aspecto.	16:9
2.2	Muestras por línea activa.	1.920
2.3	Estructura de muestreo.	Ortogonal.

Fig. A2.20 Características de la imagen.

La distribución de muestras y el número de líneas activas está interrelacionado y bajo estudio todavía (ver Anexo 2.1). El resultado de este estudio puede conducir a tener que reconsiderar el número de muestras por línea activa.

**Características del barrido de la imagen**

PUNTO	CARACTERISTICAS	
	PARAMETRO	VALOR
3.1	Secuencia de barrido de las muestras.	Izquierda a derecha. Arriba abajo.
3.2	Relación de entrelazado.	Ver texto a continuación.

Fig. A2.21 Características del barrido de la imagen.

El objetivo del sistema esta definido para tener barrido progresivo y, por tanto, relación de entrelazado 1:1

Para implementaciones actuales se puede utilizar una relación de entrelazado 2:1 o una reducción equivalente de la tasa de muestras.

La tasa de imagen depende de un buen número de factores conocidos (ver Anexo 2.1).

Formato de la señal

PUNTO	CARACTERISTICAS	
	PARAMETRO	VALOR
4.1	Precorrección no lineal conceptual de las señales primarias.	$\gamma = 0,45$ Ver especificaciones completas en punto 1.2
4.2	Obtención de la señal de luminancia $E'_Y$ - ecuación para sistemas referidos a los primarios de referencia (Ver Nota). - ecuación para sistemas interinos referidos a la tecnología actual de la presentación y codificación convencional.	$E'_Y = 0,2125 E'_{R'} + 0,7154 E'_{G'} + 0,0721 E'_{B'}$
4.3	Obtención de las señales diferencia de color (codificación analógica) $E'_{U'}$ , $E'_{V'}$ - ecuación para sistemas referidos a los primarios de referencia (Ver Nota). - ecuación para sistemas interinos referidos a la tecnología actual de la presentación y codificación convencional.	$E'_{U'} = 0,5389 (E'_{B'} - E'_Y)$ $E'_{V'} = 0,6349 (E'_{R'} - E'_Y)$
4.4	Obtención de las señales de diferencia de color (Codificación Digital). $C_1$ , $C_2$	Escalado digital de los valores 4.3

Fig. A2.22 Formato de señal.

**Nota:** Los estudios realizados para establecer el valor de los parámetros de las ecuaciones de luminancia y diferencia de color están progresando en sistemas de características mejoradas y optimizan la transformación entre el IDTV, película, gráficos e imagen impresa en color (ver Anexo 2.1). Las administraciones urgen para presentar los resultados de estos estudios en los encuentros de grupos interinos del periodo de estudio del CCIR de 1.990 a 1.994, con el objeto de dar finalmente los valores apropiados en ese momento.



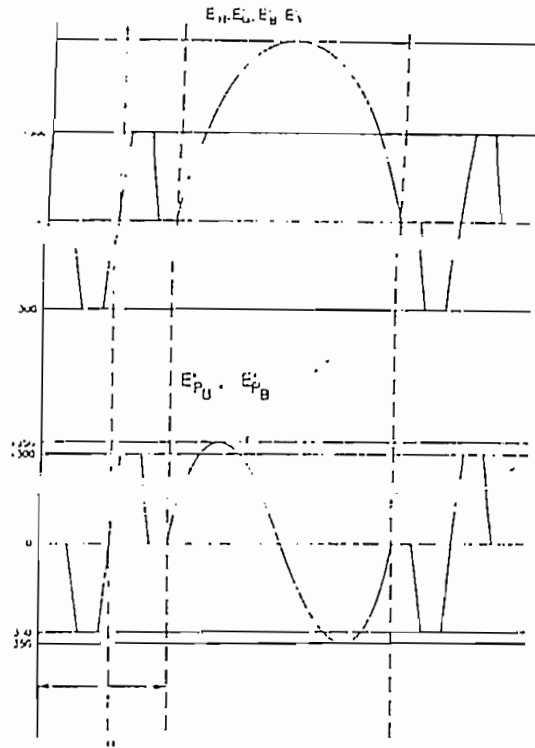


Fig. A2.25 Niveles de sincronismo y de señal en RGB y componentes.

Representación digital

PUNTO	CARACTERISTICAS	
	PARAMETRO	VALOR
6.1	Señales codificadas.	R, G, B o Y, C <sub>1</sub> , C <sub>2</sub>
6.2	Estructura de muestreo R, G, B, Y	Ortogonal repetitiva en línea e imagen.
6.3	Estructura de muestreo C <sub>1</sub> , C <sub>2</sub>	Muestras coincidentes con cada otra y con muestras alternadas de luminancia.
6.4	Frecuencia de muestreo R, G, B, Y	La frecuencia de muestreo es un múltiplo de 2,25 MHz
6.5	Frecuencia de muestreo C <sub>1</sub> , C <sub>2</sub>	Las frecuencias de muestreo de las diferencias de color deben ser la mitad de la frecuencia de muestreo de luminancia.

Fig. A2.26 Representación Digital.

Nota 1: Los parámetros de las muestras de la línea completa para las señales R, G, B, Y, C<sub>1</sub> y C<sub>2</sub>, la señal codificada, los niveles nominales y palabras de sincronización, posiblemente junto con los datos relativos al vídeo (señal vídeo índice) están en estudio todavía (Ver Anexo 2.1)

Nota 2: Se espera una tasa de datos de la señal HDTV de 0.8 a 1.2 Gbits/s para realizaciones actuales y de 2.0 a 3.0 Gbits/s para las futuras (ver Anexo 2.1).

## ANEXO 2.1 NOTAS SOBRE LOS VALORES DE PARAMETROS PENDIENTES EN EL ESTUDIO HDTV

### Conversión opto-electrónica

Se incluyen tres aproximaciones en los estudios concernientes al valor de los parámetros de los colores primarios de referencia para un estándar de estudio HDTV mundial.

- Una extensión de la gama de colores basada en los valores del punto 1.3 ajustando el rango de la señal de vídeo.
- Adopción de los valores de la *figura A2.27*.
- Adopción de los valores de la *figura A2.28*.

Coordenadas de cromaticidad asumidas (CIE 1.931) para primarios de referencia	PRIMAR.	COORDENADAS	
		x	y
	ROJO	0,6915	0,3083
	VERDE	0,0000	1,0000
	AZUL	0,1440	0,0297

Fig. A2.27 *Coordenadas de cromaticidad (1).*

Coordenadas de cromaticidad asumidas (CIE 1.931) para primarios de referencia	PRIMAR.	COORDENADAS	
		x	y
	ROJO	0,640	0,330
	VERDE	0,168	0,731
	AZUL	0,150	0,060

Fig. A2.28 *Coordenadas de cromaticidad (2).*

### Características de la imagen

Ha habido extensas discusiones en torno al estándar y al camino que debe recorrerse para concluir en un estándar de estudio mundial único tal como demandan todas las administraciones.

Las dificultades existentes para tomar una determinación se han producido particularmente por los problemas asociados a la frecuencia de campo o cuadro.

Añadiendo un paso en el camino de estándar único, se han presentado dos contribuciones muy sugerentes que consisten en dos aproximaciones conceptuales para solucionar el problema considerado. Una de ellas es un "Formato de imagen común", concepto que podría ser usado a frecuencia de cuadro o campo dependiendo de la aplicación. La otra está basada en la "Tasa de datos común", concepto inherente a la Recomendación 601. Se ha presentado también una nueva contribución que sugiere una nueva aproximación basada en el concepto de "Parte de imagen común" donde una estructura de muestreo con densidad de muestras común se usa para delimitar imágenes de diferentes tamaños, resultando distinto número de pixels por cuadro. Las dos aproximaciones previas pueden ser casos especiales de esta última.

### Características del barrido de la imagen

Hay dos aspectos fundamentales a considerar en la selección de frecuencia de cuadro:

- Descripción del movimiento.
- Relación con película y sistemas de TV actuales y futuros.

La descripción del movimiento está influenciado fundamentalmente por la selección de la frecuencia de cuadro y la resolución dinámica se mejora mediante un obturador en la cámara.

La frecuencia de cuadro y la relación de entrelazado son importantes por un buen número de razones bien conocidas.

### Formato de la señal

El Grupo de expertos del CCIR IWP 11/6 sugiere que en un sistema interino HDTV debería utilizarse codificación convencional Y, C<sub>1</sub>, C<sub>2</sub> para aplicarla en sistemas de producción HDTV operativos actualmente. Además, se sugiere aumentar las aproximaciones de codificación de luminancia constante o convencional para ofrecer más exactitud y rendimiento en la reconstrucción de la señal.

Se ha progresado en los estudios y se ha evaluado lo más profundamente posible la mejora de las características de un posible sistema que utilice codificación de luminancia constante. Se tomará una decisión sobre si la codificación de luminancia constante debe ser incluida en el diseño de un sistema HDTV.

### Representación analógica

Puede ser posible variar los intervalos de borrado en interfaces apropiados en el conjunto del sistema HDTV.

### Representación digital

- Parámetros para el estándar de estudio.

Además del número de muestras por línea digital activa, el número de muestras por línea completa y la relación de temporización horizontal analógica-digital se debe investigar en los siguientes puntos:

- Forma de codificación.
- Correspondencia entre los niveles de la señal de vídeo y los niveles de cuantificación:
  - Escala.
  - Señal de luminancia.
  - Cada señal de diferencia de color.

Los estudios en este área deben continuar. Hay acuerdo en que se requieren al menos 8 bits para R, G, B, Y, C<sub>1</sub> y C<sub>2</sub>, y que 10 bits son necesarios para algunas aplicaciones. Por tanto, se requieren ambas representaciones.

El margen operacional del rango dinámico está pendiente de estudio.

Una solución posible es usar la misma relación entre los niveles de la señal de vídeo y los niveles de cuantificación que la Recomendación 601 para señales de 8 bits y para señales de 10 bits añadir simplemente los dos bits menos significativos.

Se tienen en consideración otras propuestas. Una de ellas se basa también en la Recomendación 601 pero añade la posibilidad de un rango dinámico en el caso de 10 bits. Otra familia de propuestas para 8 y 10 bits con rango dinámico extiende el nivel permitido de señal a los niveles de pico de blanco y negro nominales.

- Vídeo-índice

Los parámetros del estudio estándar podrían abarcar la definición de la señal de índices de vídeo. Esta señal podría incluir información concerniente al origen, codificación y procesado de la señal.

Son necesarios estudios para completar la definición de la forma de codificación (lineal o no lineal). Puede prestar gran ayuda a la conclusión de estos estudios si las señales "vídeo index" incluyen los valores de los parámetros seleccionados.

- Palabras código utilizadas

Parece razonable reservar algunos niveles con una estructura similar a la descrita en la Recomendación 601 para la sincronización de los datos.

- Algunas consideraciones sobre la tasa de datos

La tasa de datos se puede fijar como resultado de la elección de los parámetros más relevantes del estándar de estudio. Parece técnicamente factible la transmisión de esta tasa de datos en el nivel 16 de la jerarquía síncrona (2.488,320 Mbit/s).

Se han desarrollado varias técnicas de reducción de la tasa de datos de la señal HDTV, y la calidad obtenida con ellas está en examen con referencia a los requerimientos de usuario establecidos. Existe mucho interés en conseguir calidad óptima a 140 Mbit/s. Los estudios comparativos realizados con métodos de tests unificados conducen a intentar nuevos métodos de reducción de la tasa de datos.

Estas técnicas permitirían la transmisión por redes del nivel 4 (622,080 Mbit/s), o del nivel 1 (155,520 Mbit/s) de la jerarquía síncrona.