



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

FACULTAD DE INGENIERIA

TESIS CON FALLA DE ORIGEN

SISTEMAS DE TELEVISION MODERNOS

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE :

INGENIERO MECANICO ELECTRICISTA AREA : ELECTRICA - ELECTRONICA

P R E S E N T A

OSCAR MANUEL CHAVELAS KLIMEK

DIRECTOR DE TESIS:

ING. MARIO ALFREDO IBARRA PEREYRA





Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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

PAGINACIÓN

DISCONTINUA

SISTEMAS DE
TELEVISION MODERNOS

Oscar Manuel Chavelas Klimek

AGRADECIMIENTOS:

A MIS PADRES: (Salvador Chavelas Pintado y Carolina Teresa Isabel Klimek Gamas)

Por el apoyo que tuve, para poder lograr una de mis metas.

A MIS ABUELOS MATERNOS: (Richard Adolf Klimek Zeh e Isabel Gamas Rosique, en su memoria).

Por la formación que recibí en los primeros años de mi vida.

A MIS PROFESORES:

Por la instrucción que recibí por parte de todos ellos.

A MI DIRECTOR DE TESIS: (Ing. Mario Alfredo Ibarra Pereyra)

Por su asesoría y apoyo tanto en las aulas, como en la realización de esta tesis.

A MIS AMIGOS:

Por ser lo que son; mis amigos.

A todos ellos mi mayor agradecimiento.

Oscar Manuel Chavelas Klimek.

PROLOGO

El presente trabajo de investigación se ha realizado con el propósito de comprender las principales características de la difusión de la televisión, dada la importancia de este medio de comunicación.

Desde sus inicios, la televisión ha provocado una revolución en las comunicaciones y aunque la radio se ha mantenido en el mercado, la predilección por la televisión ha aumentado dado que involucra tanto al sentido visual como al auditivo. Esta ventaja ha propiciado un mayor auge en el crecimiento de esta tecnología. El bajo costo de los aparatos de radio con respecto a los de televisión y la cantidad de canales mantiene a la radio como un medio vigente, pero la demanda y los intereses creados por las televisoras han disminuido el costo de los aparatos televisivos, marcándola como una tecnología del futuro y en constante desarrollo; esto aunado al desarrollo de la transmisión de datos y la computación han propiciado que se desarrollen tecnologías como la videoconferencia, la televisión digital y la ya cercana imagen de alta definición, que a su vez e indirectamente propiciarán en un futuro no muy lejano una televisión de mayor definición e interactiva.

La televisión y el desarrollo de las comunicaciones de igual forma han provocado que la comunicación sea más estrecha entre todos los países, acercándolos de tal manera que todo tipo de información recorra el mundo en un instante.

En la actualidad la televisión es el medio de mayor difusión en el mundo, esto ha afectado las diferentes comunicaciones, es decir, la televisión ha provocado el desarrollo de diferentes áreas de la tecnología tanto como para poder transmitirla como para mejorarla. La televisión a lo largo de su evolución ha propiciado que los sistemas de video hayan cambiado de tal forma, que se lograrán grandes transformaciones desde la primera imagen en blanco y negro a la actual imagen de color.

Después de cincuenta años de televisión, se creería que los países se pondrían de acuerdo para desarrollar un estándar único y mundial, pero con los nuevos sistemas en desarrollo se nota que en el mundo seguirá existiendo una gran variedad de ellos.

Por tales motivos se ha realizado la presente investigación dada la importancia que este medio de difusión tiene en el desarrollo del ámbito mundial y la tecnología que se presentará en el futuro. La presente investigación se realiza basada en el estándar americano NTSC, dado que los otros sistemas tienen bastante similitud en el mismo y es el sistema que geográficamente utilizamos.

La presente tesis está basada en su primera parte en los fundamentos de la televisión analógica (capítulos I al V), en la segunda parte se tratan las diferentes formas de transmisión que están en uso y en constante desarrollo, que son; la televisión de alta definición HDTV, la televisión por cable CATV, la videoconferencia y la codificación de la señal de video.

En el primer capítulo se presenta una breve introducción, en la cual se mencionan las principales propiedades de la imagen de televisión enfocadas a la resolución de la misma.

En el capítulo II, se explican las características de la señal de video compuesta en blanco y negro, así como, los valores más significativos de la misma y su exploración en la pantalla.

En el tercer capítulo se explican las razones de la teoría del color aplicada a la televisión analógica, la forma de transmitir en la misma señal la imagen tanto en blanco y negro como en color, y la composición de las mismas.

El capítulo IV presenta las principales características de transmisión, tanto en frecuencia como en la distribución de las señales en los diferentes canales de televisión, además de las principales características de la transmisión terrestre y satelital.

En el capítulo V se muestran las principales diferencias entre los sistemas y estándares de televisión en el mundo, así como, la asignación de frecuencias para las bandas de televisión.

El capítulo VI, trata acerca de los cambios a los que tiende la televisión, provocados por la televisión digital y la futura televisión de alta definición HDTV, basadas en las técnicas de compresión digital MPEG2, así como, los cambios en el sonido para estas nuevas formas de transmisión.

En el capítulo VII, se presenta la transmisión de la videoconferencia basada en los estándares de transmisión similares y compatibles a los principales sistemas de televisión.

En el capítulo VIII se detallan las principales características, referentes tanto a la asignación de frecuencias, como a los elementos que conforman la transmisión de televisión por cable CATV.

Finalmente en el capítulo IX se describen las técnicas más usuales de codificar la señal de televisión y las características de la televisión restringida.

INDICE

PROLOGO

I.- LA IMAGEN DE TELEVISION

1.1.- Propiedades de la imagen	I - 1
1.2.- Resolución de la imagen	I - 5

II.- LA SEÑAL DE VIDEO

2.1.- La señal de video compuesta.....	II - 1
2.2.- La exploración.....	II - 2
2.3.- La escala IRE (para amplitudes de la señal de video).....	II - 3
2.4.- La señal de borrado horizontal.....	II - 5
2.5.- La señal de borrado vertical.....	II - 6
2.6.- El contraste en la señal.....	II - 8
2.7.- El burst de color.....	II - 9
2.8.- Servicios dentro de la trama de video.....	II - 10

III.- LA SEÑAL DE COLOR

3.1.- La señal de televisión en color.....	III - 1
3.2.- Los colores primarios.....	III - 1
3.3.- La señal de crominancia.....	III - 4
3.4.- Entrelazado de frecuencia.....	III - 5
3.5.- Burst de sincronismo de color.....	III - 9
3.6.- La señal compuesta colorplexada.....	III - 9
3.7.- Los colores en niveles IRE.....	III - 12

IV.- TRANSMISION DE LA SEÑAL DE TELEVISION

4.1.- La transmisión de televisión.....	IV - 1
4.2.- La señal de audio.....	IV - 6
4.3.- Estaciones de televisión.....	IV - 7
4.4.- Características de los equipos transmisores de televisión.....	IV - 8
4.5.- Antenas.....	IV - 10
4.6.- Transmisión de televisión por satélite.....	IV - 13

V.- SISTEMAS Y ESTANDARES DE TELEVISION

5.1.- Sistemas de televisión.....	V - 1
5.2.- Diferencias entre los sistemas de televisión.....	V - 2
5.3.- Nuevos sistemas en desarrollo.....	V - 7
5.4.- Estándares de Televisión.....	V - 9

VI.- TELEVISION DE ALTA DEFINICION (HDTV)

6.1.- Introducción.....	VI - 1
6.2.- La señal de video digital.....	VI - 2
6.3.- Compresión digital para HDTV.....	VI - 5
6.4.- Sistemas de HDTV.....	VI - 8
6.5.- Audio para HDTV.....	VI - 13
6.6.- El futuro de la HDTV.....	VI - 13

INDICE

VII.- VIDEOCONFERENCIA

7.1.- Introducción.....	VII - 1
7.2.- Clases de videoconferencia.....	VII - 3
7.3.- Estructuras de cuadro para videoconferencia.....	VII - 3

VIII.- TELEVISION POR CABLE (CATV)

8.1.- Introducción.....	VIII - 1
8.2.- Canales y frecuencias.....	VIII - 4
8.3.- Medios de transmisión.....	VIII - 7
8.4.- Dispositivos de distribución de la señal.....	VIII - 11
8.5.- Trampas de onda y métodos de codificación.....	VIII - 16
8.6.- Pérdidas o atenuación en la señal de CATV.....	VIII - 16
8.7.- Futuro de los sistemas de cable.....	VIII - 19
8.8.- Disposiciones relacionadas con las señales de televisión.....	VIII - 20

IX.- LA TELEVISION RESTRINGIDA

9.1.- Televisión codificada.....	IX - 1
9.2.- Televisión restringida.....	IX - 4

CONCLUSIONES

BIBLIOGRAFIA

CAPITULO

I

LA IMAGEN DE TELEVISION

LA IMAGEN DE TELEVISION

1.1.- PROPIEDADES DE LA IMAGEN.

- El significado de la palabra televisión es tele - distancia y visión - imagen que significa observar a distancia, para esto se ha conformado de la siguiente manera:

La televisión es en esencia un sistema que reproduce una imagen fija al igual que la fotografía, con la diferencia de que las imágenes son representadas en una secuencia con la suficiente rapidez para producir una ilusión de movimiento, es decir, es como si se tomaran una serie de fotografías a tal velocidad que no perdiéramos un solo instante y las pudiéramos ver en una secuencia; a cada una de estas fotografías se les llama un cuadro de imagen o una imagen, esta al igual que en la fotografía es un grupo de pequeñas áreas de luz y sombra de luminosidad variable conformada por pequeñas partes que son llamados elementos de imagen, es decir, que a cada pequeña área de luz o sombra del detalle de la imagen se le llama elemento de imagen o también llamado pixel o pel, como se ilustra en la figura 1.1. Todos estos elementos juntos contienen la información de luminosidad de la escena. La intención de la televisión es la transmitir las imágenes con la misma calidad de la escena original. En un televisor blanco y negro el pixel está compuesto por un solo elemento de fósforo, mientras que en uno de color lo componen tres elementos de fósforo; rojo, verde y azul logrando con esta mezcla aditiva el color resultante deseado.

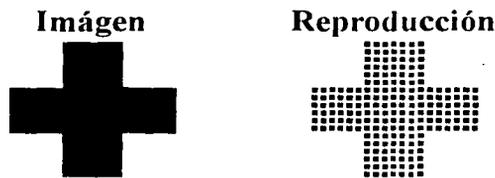


Figura 1.1

A la calidad del detalle en una imagen, se le llama resolución o definición, esto depende del número de elementos de imagen o píxeles, una mayor cantidad de estos en una imagen da mayor calidad a la misma y da la apariencia de profundidad, es por esto, una de las razones del desarrollo de la televisión de alta definición HDTV.

Dado que la imagen se encuentra compuesta por píxeles y la transmisión no se realiza toda en conjunto se optó por un sistema de transmisión tipo serial, es decir, que se tiene que enviar la imagen punto a punto, para tal motivo se crearon circuitos que detectaran la señal de manera secuencial en una serie de líneas horizontales una debajo de la otra llenando la pantalla, a esto se le ha llamado exploración o barrido horizontal y al descenso para colocar la siguiente línea de puntos exploración o barrido vertical. Entre el barrido horizontal que se realiza de manera inclinada y el descenso del barrido vertical existe un barrido horizontal de regreso el cual no representa luminosidad, por lo cual, no puede ser observado. Este movimiento en la detección se le llama retraza o tiempo de retorno horizontal (línea punteada en la figura 1.2) que sirve para colocar nuevamente en el extremo izquierdo la posición del cursor.

En la figura 1.2 como se puede observar la exploración se efectúa empezando por la parte superior izquierda y todos los elementos de imagen son explorados sucesivamente, de izquierda a derecha y de arriba a abajo, línea por línea. De igual manera que la señal es reensamblada en el aparato receptor o

televisor, en la cámara de televisión o transmisor es enviada en una señal conformada por pixeles. Como resultado del movimiento vertical, todas las líneas horizontales son ligeramente inclinadas hacia abajo. Cuando está en la parte inferior, el haz regresa zigzagueando hasta la parte superior para comenzar nuevamente la secuencia de exploración.

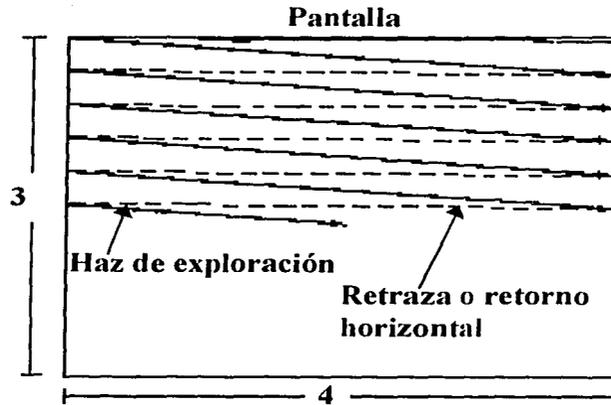


Figura 1.2

La imagen representada en los aparatos receptores tiene una proporción de 3 de alto x 4 de ancho ó 1.33 de la imagen (figura 1.2) (con excepción de los receptores de HDTV que tienen una proporción de 16/9), debido a que la mayoría de los movimientos son en sentido horizontal, además de que con esta **relación de aspecto** la proporción de las imágenes es la correcta.

Si se observara una escena en un televisor o receptor a una distancia muy cercana a este, las imágenes se verían como en el caso de la figura 1.1 de la cruz reproducida. Existe una distancia a la cual las imágenes son apreciadas de manera adecuada, esto es una distancia aproximada entre 4 y 8 veces la altura de la imagen, que es donde ya no se notan las líneas de barrido y los puntos o pixeles que la forman a esto se le llama **distancia de visión** como se observa en la figura 1.3.

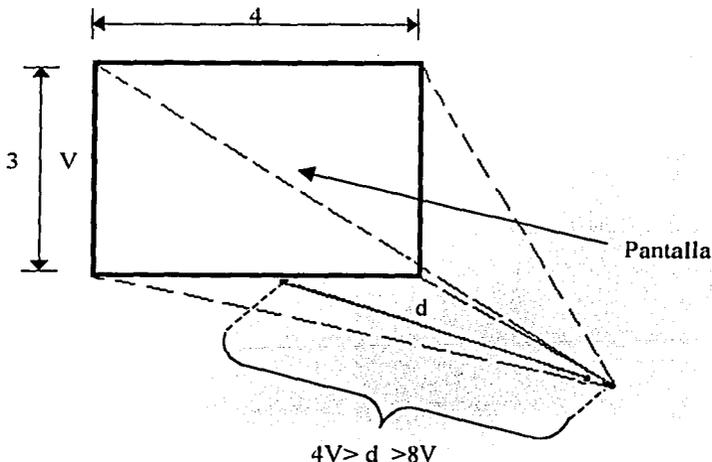


Figura 1.3

Para completar una imagen en el formato americano se ha normalizado a un barrido horizontal de 525 líneas por cada imagen completa también llamado cuadro. El tiempo correspondiente a un cuadro completo con 525 líneas es $1/30$ de segundo. Por consiguiente la frecuencia de repetición de imagen es igual a 30 cuadros por segundo, velocidad que de todos modos no es lo suficientemente rápida porque al visualizar la secuencia de imágenes existiría un parpadeo que rompería el efecto de movimiento constante. Dado que existe un efecto en el ojo humano llamado persistencia de la visión, en el cual cualquier luz que percibe el ojo persiste durante una pequeña fracción de segundo poco después de extinguirse esta y como a la velocidad de 16 imágenes por segundo el ojo comienza percibir un efecto de movimiento, se optó por usar una velocidad mayor a esta, ya que en la cinematografía se utilizan 24 cuadros o imágenes por segundo, pero existe un parpadeo o flicker que es apreciable en las películas antiguas, por tal motivo se separó cada cuadro en dos grupos de líneas horizontales, un bloque de líneas horizontales impares y otro de líneas pares a los que se les llama campo (como se muestra en la figura 1.4). De esta manera se provoca una mayor velocidad de repetición de los campos a 60 por segundo durante el mismo período de un cuadro ($1/30$ seg.), por lo cual, aparecen 60 vistas de la imagen durante un segundo aprovechándose el efecto de la persistencia de la visión que hace que los dos campos aparentemente estén integrados en un a misma imagen y así mismo, se elimine el efecto del parpadeo, a esta frecuencia se le llama frecuencia crítica de flicker o frecuencia de fusión, es por esto que se utiliza el barrido entrelazado de 2:1. Donde se presentan primero las líneas impares y a continuación las pares, con esto se consigue doblar la frecuencia y mantener el ancho de banda.

Al recorrer el haz electrónico la pantalla 60 veces cada segundo en forma vertical se le conoce como frecuencia de barrido vertical (F_V). Para el caso del sentido horizontal la frecuencia de barrido horizontal (F_H) se obtiene del producto de las 525 líneas que forman un cuadro por las 30 veces que se produce este en un segundo, resultando 15,750 líneas por segundo, es decir, el tiempo en el cual se realiza una línea horizontal incluyendo su retraza es de $63.492 \mu s.$, lo que nos da una señal que se puede transmitir en el orden de los MHz.

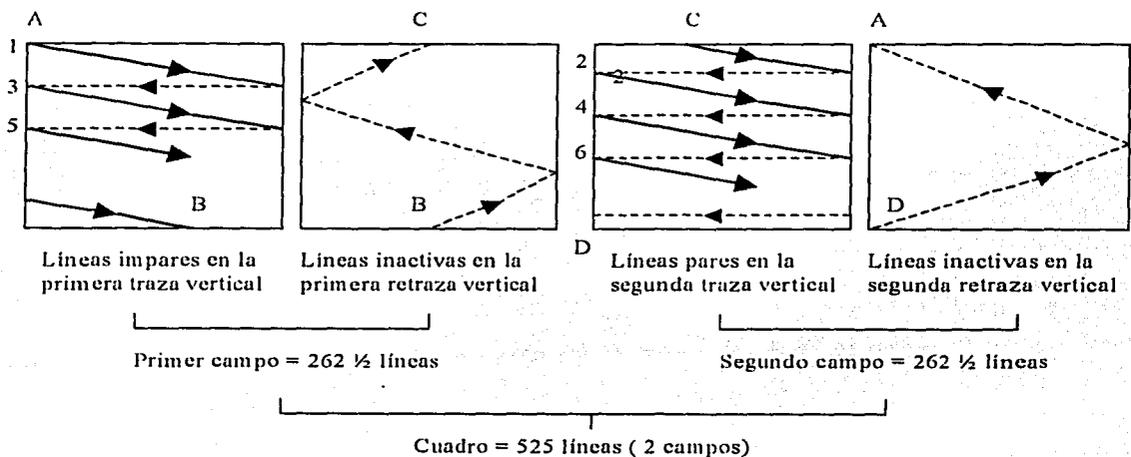


Figura 1.4

En el sistema NTSC que comprende 525 líneas, no todas las líneas son visibles en la pantalla debido a que es necesario proveer el tiempo para que el haz regrese hasta la parte superior izquierda, para iniciar la siguiente exploración de la traza de manera zigzagueante con los disparos de los pulsos de

sincronismo, es por eso que de la línea 248 a la 263 (primer campo) y de la 511 a la 525 (segundo campo) son borradas (figura 1.4).

Las frecuencias de exploración de 15,750 líneas/s y 60 Hz son exactas para televisión monocromática pero debido a que la transformación a la televisión en color implicaba cambiar todo el sistema existente y provocaría problemas con los receptores de blanco y negro, se optó por incrustar la señal de color dentro de la misma señal de blanco y negro adaptándose a los estándares vigentes, para lograr que las televidentes pudieran utilizar los mismos televisores y el cambio fuera gradual logrando un éxito comercial. Debido a esto se aproximó a los valores de exploración de la señal de blanco y negro que es de 4.5 MHz (incluyendo el audio) por medio de armónicas, es decir, se encontró que el 286 submúltiplo se acercaba a estos valores de frecuencia tanto horizontal como vertical dentro de un rango de 0.1% lo que no afecta en la transmisión monocromática. De esta forma la frecuencia horizontal para la señal de color es:

$$F_{\text{HCOLOR}} = \frac{BW_{\text{BN}}}{\text{armonico}} = \frac{4.5 \times 10^6}{286} = 15,734.265 \text{ Hz} \approx F_{\text{HBN}} = 15,750 \text{ Hz}$$

Y la frecuencia vertical:

$$F_{\text{VCOLOR}} = \frac{f_{\text{HCOLOR}}}{\text{Líneas / campo}} = \frac{15,734.26}{262.5} = 59.94 \text{ Hz} \approx F_{\text{VBN}} = 60 \text{ Hz}$$

De igual manera se encontró que las películas cinematográficas que se transmiten a 24 cuadros por segundo son fácilmente convertidas a estas frecuencias, es decir, que al reproducirlas a 29.97 cuadros por segundo o 59.94 Hz por campo, la percepción del movimiento es casi la misma.

Por esto se determinó que para la señal de color la frecuencia de exploración horizontal es 15,734 Hz y la del campo vertical es 59.94 Hz. También se utilizan estas frecuencias de exploración para minimizar la interferencia entre la señal subportadora de color que se colocó en los 3.579545 MHz y la señal de luminancia (monocromática). De esta manera las frecuencias de la exploración vertical y horizontal se pueden considerar generalmente como de 15,750 y 60 Hz.

Con el propósito de crear un sistema óptimo para la representación de las imágenes se optó por utilizar un sistema de variaciones de luz y voltaje, de esta forma los cuadros o pixeles negros representados son bajo la carencia de voltaje y en la existencia de voltaje se representan los puntos blancos, es decir, la información de tres pixeles (un ciclo y medio de la señal) de una línea horizontal podrían representarse como en la (figura 1.5).

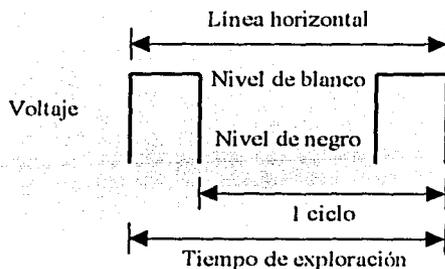


Figura 1.5

De esta forma dentro de la señal de imagen existen señales en el nivel de negro las cuales no son percibidas; por lo tanto, las retrazas horizontal y vertical no son percibidas, a esto se le llama señal de borrado horizontal y vertical. Para el caso de la señal de borrado horizontal el tiempo necesario en recorrer la pantalla de derecha izquierda es de aproximadamente el 16% de la transmisión de la línea horizontal lo que nos da. $63.5 \times 0.16 = 10.2 \mu\text{s.}$, lo que nos da $53.3 \mu\text{s}$ de tiempo efectivo para la señal de imagen. En el caso del tiempo de borrado vertical es aproximadamente el 8% de cada campo y el tiempo total del campo vertical es $1/60 \text{ s}$, incluyendo el trazo descendente y la retraza ascendente dándonos que el tiempo de borrado es $1/60 \times 0.08 = 0.0013 \text{ s}$.

Para solucionar el problema de sincronizar el barrido y poder realizar la retraza horizontal (que se realiza al terminar una línea) y la retraza vertical (que se realiza al terminar el campo), se incrustan pulsos sincronizadores dentro de la señal transmitida, durante los tiempos de borrado tanto horizontal como vertical. Sin la sincronización la imagen se desgarraría en el sentido horizontal y se desplazaría subiendo y bajando en la pantalla en el sentido vertical.

1.2.- RESOLUCION DE LA IMAGEN.

.- En la norma americana (NTSC) la cantidad aproximada de elementos de imagen es de 150,000, tratando de obtener el mismo detalle de una película cinematográfica de 16 mm que es de 125,000 elementos de imagen, en el caso de una película cinematográfica de 35 mm este número es de aproximadamente 500,000.

Resolución de la imagen.- El número máximo de resolución de una imagen se obtiene del número máximo de detalle horizontal y vertical, esto es:

Detalle Horizontal.- En el caso del detalle horizontal dado que la señal de video es de 4 MHz el período para un ciclo o dos elementos de imagen es $0.25 \mu\text{s}$, es decir, 8 elementos de imagen en $1 \mu\text{s}$. y como el tiempo efectivo para una línea es de $53.3 \mu\text{s.}$, de tal manera que $8 \times 53.3 = 426.4 \approx 426$ elementos de imagen o pixeles en el barrido horizontal.

Detalle vertical.- Para el caso del detalle vertical el número de elemento de imagen se obtiene de las 525 líneas del barrido vertical menos el 8% de tiempo para borrado vertical, es decir, $0.08 \times 525 = 42$ líneas; restándolas se obtienen 483 líneas de barrido vertical. Debido a que en el ensamblado vertical entre líneas puede existir cierto error, se considera un factor de utilidad que sirve para determinar el número de líneas exploradas útiles en la representación de detalles verticales dividido por el número total de líneas exploradas visibles, es lo que se llama relación de utilización o Factor de Kell. Para los cálculos teóricos se obtienen márgenes de relación de utilización de 0.6 a 0.8. Este error ocurre en líneas durante la retraza vertical y otras son exploradas en las partes superior o inferior del cuadro, pero todas son suprimidas.

Por consiguiente la resolución de la imagen será como se observa en la tabla 1.1 dependiendo del factor de Kell utilizado:

RESOLUCIONES A DIFERENTE FACTOR DE UTILIZACION

Detalle horizontal	Factor de utilización (Factor de Kell).	Detalle vertical	Máximo detalle de la imagen
426	0.6	289.8	123,454.8
	0.7	338.1	144,030.6
	0.8	386.4	164,606.4
	0.9	434.7	185,182.2
	1.0	483	205,758

Tabla 1.1

De esta manera el máximo número de elementos de imagen representados en una señal de televisión en el formato NTSC es de $426 \times 483 = 205,758$ píxeles, situación que no sucede y debido a este error se utiliza el factor de Kell de 0.7, siendo el valor promedio.

En una imagen se tienen además las siguientes características; a lo que generalmente se le denomina color de un objeto técnicamente se le llama matiz o tinte, a la cantidad de intensidad de un color de la misma tonalidad con respecto a otro se le llama nivel de color o saturación, a la diferencia de intensidad entre las partes negras y blancas de la imagen, se le llama contraste y a la intensidad de claridad o iluminación que tiene toda la imagen se le llama brillo.

CAPITULO

II

LA SEÑAL DE VIDEO

LA SEÑAL DE VIDEO

2.1.- LA SEÑAL DE VIDEO COMPUESTA.

- La señal de video está compuesta por tres partes que son:

- 1.- La señal de imagen o información correspondiente a las variaciones de luz en la escena.
- 2.- Los pulsos de borrado que hacen invisibles los retrazos.
- 3.- Los pulsos de sincronización, o sincronismo para la exploración.

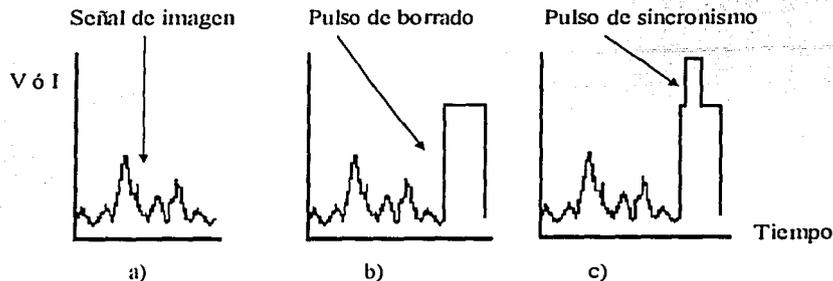


Figura 2.1

Para producir la señal de video compuesta, primero se envía la señal de una línea de imagen o de información de la escena como se muestra en la figura 2.1a; después se transmite la señal de borrado en un nivel mayor para la retraza figura 2.1b y posteriormente se envía la señal de sincronismo figura 2.1c, lo que nos da la señal de video compuesta para una línea horizontal de exploración.

De esta forma se transmiten las señales para todas las líneas, la señal de video compuesta contiene toda la información necesaria para la imagen completa, línea por línea y cuadro por cuadro.

Cuando se explora una línea de imagen de izquierda a derecha, se envía una señal con varias amplitudes que corresponden a la información de imagen necesaria. Estas amplitudes varían para dar los diferentes matices del blanco, gris y negro. Después de que la traza horizontal produce la señal de imagen para una línea, el haz explorador o cursor está en el lado derecho de la imagen; entonces se envían el pulso de borrado y el pulso de sincronismo en el nivel de negro para que la retraza sea invisible al ojo humano (Figura 2.1). Posteriormente estando el haz de exploración en el lado izquierdo inicia la transmisión de la siguiente línea de exploración en los niveles del blanco. De esta manera son exploradas sucesivamente las líneas horizontales (figura 2.2).

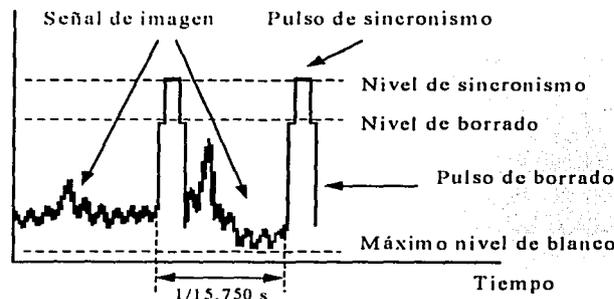


Figura 2.2

En la figura 2.2 se muestran dos líneas de exploración horizontal con sus respectivos pulsos de borrado y de sincronismo.

2.2.- LA EXPLORACION.

.- Al área rectangular de la pantalla explorada por el haz electrónico se le llama *trama*. Para realizar el barrido o exploración de la trama se utiliza una señal en forma de diente de sierra para que el haz electrónico impacte en todos los puntos de la pantalla; esto se logra por el yugo conformado por cuatro bobinas colocadas en la parte exterior del cuello del cinescopio, las cuales son colocadas de la siguiente manera; dos bobinas están colocadas con su eje en posición vertical y desvían el haz en la dirección horizontal y las otras dos bobinas con su eje en dirección horizontal, realizan el barrido vertical.

La exploración para la obtención de la trama debe estar sincronizada con la imagen. Para temporizar la exploración correctamente se insertan los pulsos de sincronización en la señal de video. De esta manera, la señal de video contiene los pulsos para sincronizar la información de la imagen en términos de la posición en la pantalla y en función de las desviaciones vertical y horizontal.

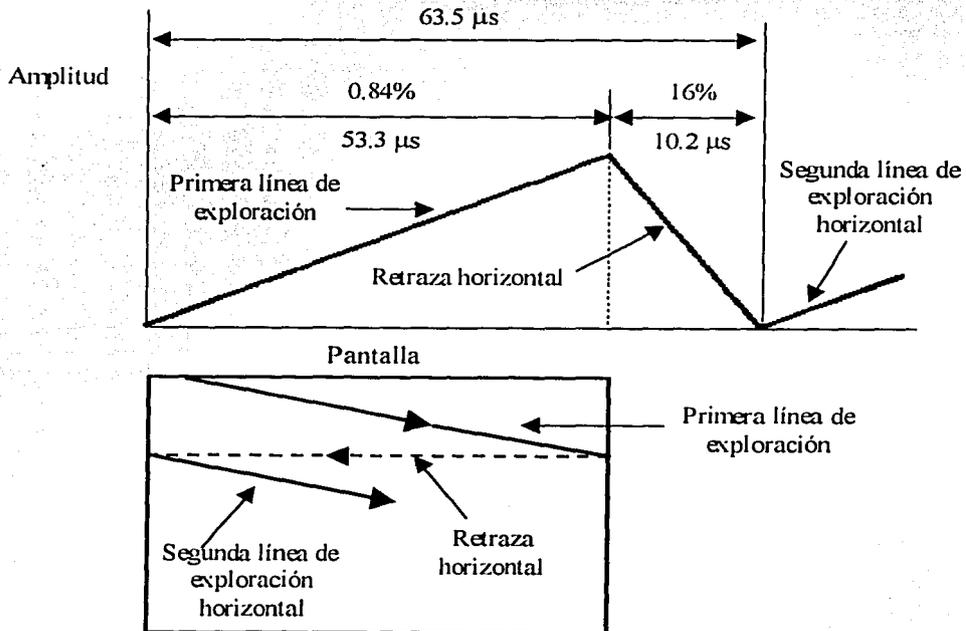


Figura 2.3

La señal de exploración en forma de diente de sierra de la figura 2.3. tiene la frecuencia de 15,750 Hz a causa de que esta es la frecuencia de repetición de los pulsos de sincronismo horizontal.

Para realizar la exploración horizontal se aumenta la corriente en las bobinas de la exploración horizontal para desviar el haz en la pantalla de izquierda a derecha y en el punto máximo de la pendiente, se invierte el sentido de la onda diente de sierra para que disminuya rápidamente y así provocar la retraza horizontal (figura 2.3).

De igual manera la corriente en las bobinas de deflexión vertical hace que el haz electrónico recorra la trama de arriba hacia abajo mientras el haz es desviado horizontalmente, de esta forma el haz produce las líneas horizontales situadas una debajo de otra.

Estas técnicas de barrido electrónico fueron desarrolladas por Vladimir Zworykin, de origen un ruso emigrado en Estados Unidos y por Isaac Shoenberg; ambos trabajaron en los estudios EMI en el Reino Unido, en el desarrollo del sistema de televisión de 405 líneas que se utilizó en Inglaterra durante 50 años.

La polaridad de la señal de video.- Como se muestra en las figuras 2.2 y 2.4 la señal representada es la misma, pero con polaridades distintas: En la figura 2.2 la señal tiene una polaridad positiva, en donde el sincronismo tiene mayor amplitud y esta en la parte superior de la señal, para la figura 2.4 con polaridad negativa el sincronismo se transmite en los niveles más bajos del voltaje, es decir, en los niveles del negro.

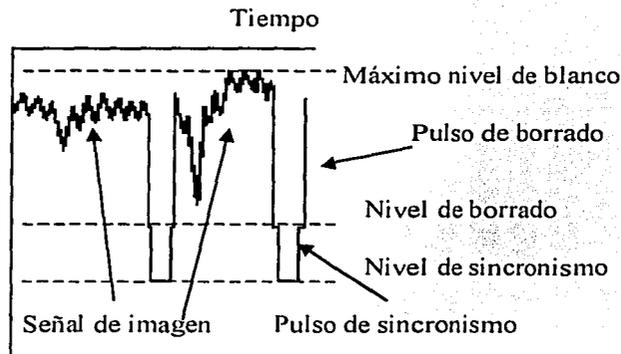


Figura 2.4

La ventaja de transmitir la señal de video con polaridad negativa se debe a la necesidad de que tanto la retraza horizontal como la retraza vertical no deben de ser notadas en la imagen, para esto los pulsos de control de las mismas no necesitan un nivel de voltaje alto. De esta manera en los instantes en que se transmiten las señales de control de borrado como de sincronismo los equipos ahorran potencia, porque no necesitan voltaje en los niveles de negro. Además de que el sistema trabaje la mayor parte dentro de los niveles del negro, evitando que las señales de ruido produzcan interferencias que sean notorias en la imagen y que el sistema tanto transmisor como receptor trabajen con una potencia baja la mayor parte del tiempo.

2.3.- LA ESCALA IRE (PARA AMPLITUDES DE LA SEÑAL DE VIDEO).

- Para estandarizar los diferentes niveles de la amplitud de la señal de video compuesta se creó una escala llamada IRE (Institute of Radio Engineers actualmente es Institute of Electrical and Electronic Engineers (IEEE).)

La escala total IRE incluye 140 unidades y la amplitud pico a pico de la señal video compuesta está normalizada a 1 Vp-p con sincronismo negativo. De las 140 unidades 100 están por encima del nivel cero y 40 están por debajo. Las amplitudes estándar de los pulsos de sincronismo están en el rango que se llama nivel del infranegro o más negro que el negro.

Amplitud de sincronismo.- En la escala IRE la señal de sincronismo tiene asignadas 40 unidades (el 28.57% ó aproximadamente el 29%) de la misma amplitud de la señal video pico a pico; esto a partir del nivel de borrado y dentro de los niveles del negro, como se puede apreciar en la figura 2.5. El pico de sincronismo produce la máxima amplitud de la portadora, que está en el nivel del 100 %.

Ajuste de negro.- La escala IRE tiene una separación de 7.5 (5%) unidades IRE entre el nivel de negro y las señales de sincronismo, esto con el fin de evitar que señales de imagen que se aproximan al nivel del negro de borrado interfieran con las señales del sincronismo.

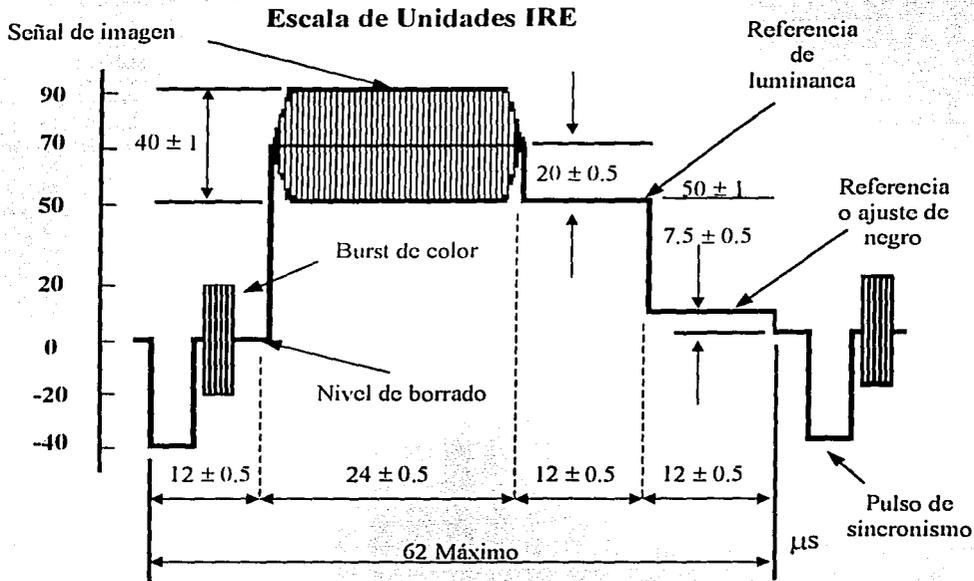


Figura 2.5

Amplitud de la señal de imagen.- El nivel máximo de blanco o de imagen es 100 unidades IRE. Esto incluyendo el rango de la señal del ajuste del negro, por lo que este rango es de $100 - 7.5 = 92.5$ (66%) unidades IRE para las variaciones de la señal de imagen.

COMPARACION DE LA ESCALA IRE Y AMPLITUDES DE PORTADORA

NIVEL	NIVELES DE VIDEO UNIDADES (IRE)	NIVEL DE PORTADORA RF
Pico de sincronismo	- 40	100%
Borrado	0	75%
Ajuste de negro	10	67.5%
Blanco de pico	100	12.5%
No usado	120	0

Tabla 2.1

2.4.- LA SEÑAL DE BORRADO HORIZONTAL.

- El tiempo necesario para explorar una línea completa H, incluyendo el trazo y el retrazo es el inverso de la frecuencia del barrido horizontal, por lo tanto, el tiempo para H es $1/15,750$ s, o sea, $63.5 \mu\text{s}$.

La anchura del pulso de borrado horizontal es sólo de $0.14H$ a $0.18H$. Tomemos un valor medio de 16% típico. Así el tiempo de borrado horizontal es:

$$0.16 \times 63.5 \mu\text{s} = 10.2 \mu\text{s} \text{ (aprox.)}$$

Restándole el tiempo H de $63.5 \mu\text{s}$ a este valor nos da:

$$63.5 \mu\text{s} - 10.2 \mu\text{s} = 53.3 \mu\text{s}$$

Los $53.3 \mu\text{s}$ es el 84% y es el tiempo necesario para la exploración visible o para transmitir la señal de imagen, sin incluir el borrado de cada línea horizontal. Como ya se mencionó el borrado horizontal se utiliza un tiempo de $10.2 \mu\text{s}$.

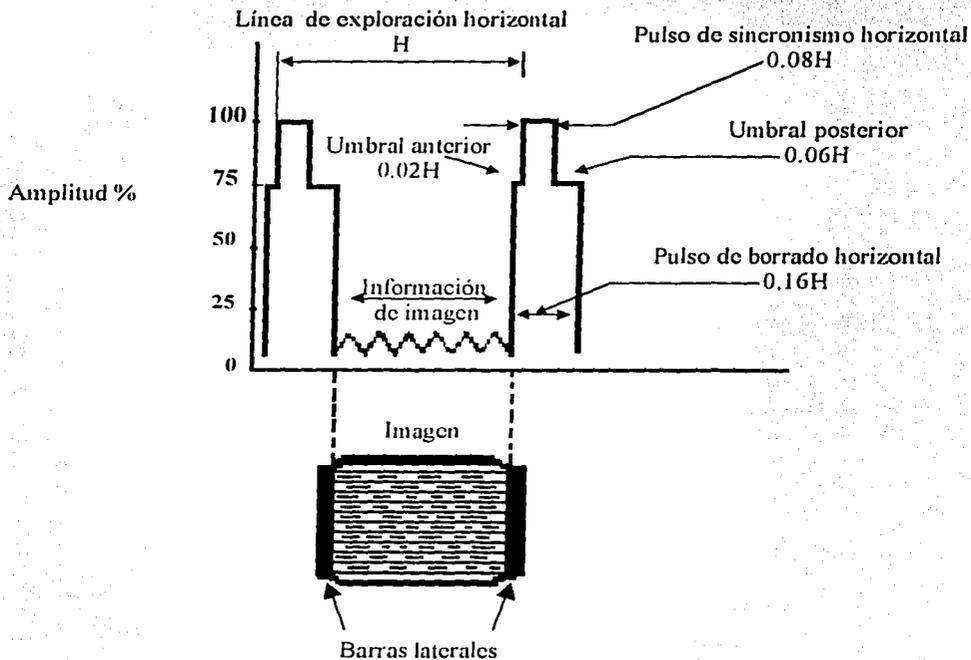


Figura 2.6

Dentro del tiempo del borrado horizontal con un tiempo menor y en un nivel más oscuro están superpuestos los pulsos de sincronismo. Como se ve en la figura 2.6, cada pulso de sincronismo horizontal es de $0.008H$ ó el 8% , es decir, la mitad de la anchura media del pulso de borrado. Este tiempo es igual a:

$$10.2 \mu\text{s} / 2 = 5.1 \mu\text{s}.$$

a).- **Umbral anterior.**- En el cambio entre la señal de imagen y el inicio del pulso de sincronismo, existe un tiempo de borrado de $0.02H$ ó 2% de protección para identificar al pulso de sincronismo, a este tiempo se le llama umbral anterior y su duración es:

$$0.02 \times 63.5 \mu s = 1.27 \mu s \text{ (aprox.)}$$

b).- **Umbral posterior.**- El tiempo de borrado que se utiliza en el cambio entre el pulso de sincronismo y la señal de imagen se llama umbral posterior, tiene una duración de $0.06H$ ó 6% de anchura. Es decir:

$$0.06 \times 63.5 \mu s = 3.81 \mu s \text{ (aprox.)}$$

Como se observa en la figura 2.6 en la imagen se observan unas barras negras laterales antes y después de la señal de borrado, estas barras negras se pueden considerar retardos debido a la imprecisión y retardo de los circuitos de deflexión.

Los detalles del borrado horizontal se pueden resumir de la siguiente manera:

DETALLES DEL BORRADO HORIZONTAL:

PERIODO	TIEMPO (μs)
Línea total (H)	63.5
Borrado H	9.5 - 11.5
Pulso de sincronismo H	4.75 ± 0.5
Umbral anterior	1.27 (mínimo)
Umbral posterior	3.81 (mínimo)
Tiempo de línea visible	52 - 54

Tabla 2.2

2.5.- LA SEÑAL DE BORRADO VERTICAL.

- Durante el transcurso de los pulsos de borrado vertical el haz explorador trabaja en el nivel de negro para realizar la retraza vertical. El pulso de borrado vertical puede ser de $0.05V$ a $0.08V$, donde V que es el barrido vertical igual a $1/60$ s. Por lo tanto el tiempo de borrado vertical esta entre:

$$0.05 \times 1/60 \mu s = 833 \mu s$$

$$0.08 \times 1/60 \mu s = 1,333 \mu s$$

Considerando el tiempo de $1,333 \mu s$ por ser el más grande, se puede obtener un número de líneas horizontales que son borradas por el borrado vertical. Si se divide el tiempo de borrado vertical de $1,333 \mu s$ por el periodo total de línea horizontal de $63.5 \mu s$, obtenemos como $20.99 \approx 21$, es decir, 21 líneas por campo o 42 líneas en un cuadro. Este tiempo borra parte del trazo vertical en las partes inferior y superior. Este número ya había sido calculado en el capítulo anterior con la relación de utilización.

El borrado vertical se realiza dentro del rango del nivel de negro, con el sentido de que en este tiempo toda la información transmitida no se refleje en la imagen y se pueda realizar la retraza vertical. El

borrado vertical tiene insertados varios pulsos de sincronismo (figura 2.7); pulsos de igualación, sincronismo vertical y sincronismo horizontal.

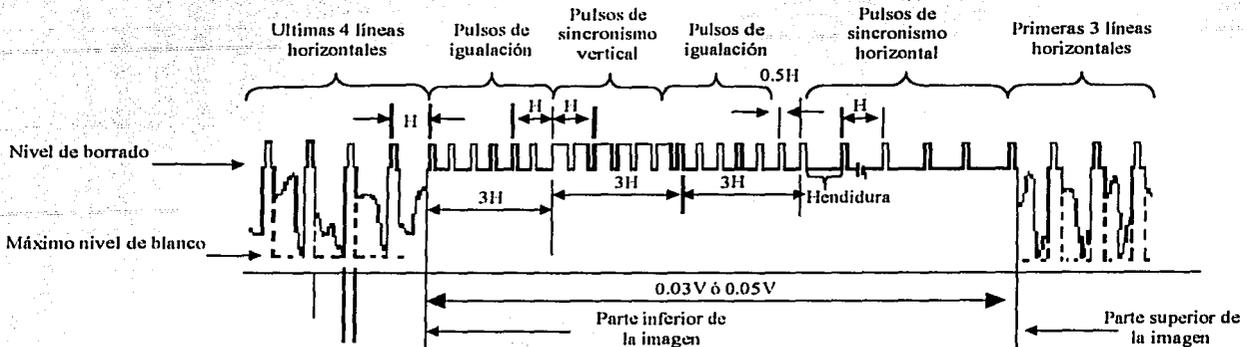


Figura 2.7

El tiempo de borrado vertical comienza con un grupo de seis pulsos igualadores que representan un tiempo de $3H$, es decir que están separados en intervalos de media línea ($H/2$), que es $2 \times 15,750 = 31,500$ Hz de frecuencia. Estos grupos de pulsos igualadores se repiten cada $1/60$ s. y su función es facilitar la sincronización vertical en campos pares e impares para obtener un buen entrelazado.

El pulso de sincronismo vertical está fraccionado en un periodo igual a seis medias líneas o tres líneas horizontales completas y es el que dispara el retorno vertical. Después del pulso de sincronismo vertical hay otro grupo de seis pulsos igualadores y un tren de pulsos horizontales. La razón de utilizar pulsos de sincronismo fraccionado es por que sincronizan y estabilizan a los circuitos de exploración, para que la trama se mantenga estable en la posición correcta, además de que los disparos en los circuitos de exploración se realizan con capacitores y estos tienen un tiempo de carga y descarga lo que hace que la señal de salida no se produzca de manera instantánea. Cabe mencionar que estos pulsos son más anchos que un pulso horizontal; esto es debido a que los pulsos verticales deben tener una forma completamente distinta a la de los pulsos horizontales para no ser confundidos por el equipo receptor.

Los seis pulsos igualadores equivalen a las tres líneas que tienen lugar antes del sincronismo vertical y se supone que transcurre aproximadamente una línea antes de que el disparo del retorno se realice con el primer pulso de sincronismo. Por tal motivo se supone que son borradas cuatro líneas en la parte inferior de la imagen, antes de que comience el retrazo vertical. Posteriormente cuando el haz regresa desde la parte inferior de la trama hasta la parte superior de la misma, se debieron haber realizado cinco líneas horizontales. De esta forma 4 líneas son suprimidas por cuadro en la parte inferior antes del retorno por cuadro y 5 líneas suprimidas durante éste, quedando 12 líneas del total de 21 durante el borrado vertical. Estas 12 líneas son borradas en la parte superior de la trama al principio del trazo vertical descendente, todo esto en un cuadro. De esta forma la altura de la imagen queda ligeramente reducida con el borrado pero esto puede ser corregido aumentando la amplitud de la forma de onda diente de sierra de exploración vertical.

Los detalles de todos los pulsos en el intervalo de borrado vertical están resumidos en la tabla 2.3.

DETALLES DEL BORRADO VERTICAL

PERIODO	TIEMPO
Línea total (V)	$1/60 = 0.0167$ s. (0.016833)*
Borrado V	0.05 V - 0.08 V, ó 0.0008 - 0.0013 s.
Cada pulso de sincronismo V	27.35 μ s
Total de seis pulsos de sincronismo V	3H = 190.5 μ s
Cada pulso de igualación	0.04H = 2.54 μ s
Cada hendidura	0.07H = 4.4 μ s
Tiempo de línea visible	0.92V - 0.95V ó 0.015 - 0.016 s.

Tabla 2.3.

* El valor entre el paréntesis se aplica al sistema M; NTSC

Resumiendo las frecuencias son como las indica la tabla 2.4

FRECUENCIAS DE EXPLORACION, SINCRONISMO Y BORRADO

FRECUENCIA (Hz)	APLICACIÓN
60	Sincronismo V vertical para temporizar la exploración V de campo.
60	Exploración V vertical para llenar la trama.
60	Exploración V vertical para borrar los retrazos V.
15,750	Sincronismo H horizontal para temporizar la exploración H.
15,750	Exploración H horizontal para producir las líneas.
15,750	Borrado H horizontal de los retrazos H.
31,500	Pulsos de igualación.

Tabla 2.4.

2.6.- EL CONTRASTE EN LA SEÑAL.

- Es la diferencia entre las partes brillantes y las partes oscuras de una imagen.

Nivel de c.d. de la señal de video.- Es importante recordar que el valor medio de cualquier variación de señal para un ciclo completo es su valor de voltaje de corriente continua o directa c.d. Este valor medio representa el valor medio del brillo de la escena (figura 2.8a). La distancia entre el eje medio y el nivel de borrado es lo que se llama *altura del pedestal* de la señal de video (figura 2.8). La señal para una escena luminosa tiene mayor altura de pedestal (figura 2.8b) que para una escena oscura (figura 2.8a). Un nivel de c.d. incorrecto da lugar a un brillo incorrecto o erróneo, es decir, que el valor medio representa el color del fondo sobre el cual se va a superponer la imagen, produciendo imágenes más contrastadas (figura 2.8a) o más tenues (figura 2.8b). En la televisión en color es importante el valor del nivel de c.d., ya que se necesita reproducir la gama de colores correctos de la escena. Con un nivel medio adecuado, la señal reproducirá las variaciones tonales adecuadas de los colores.

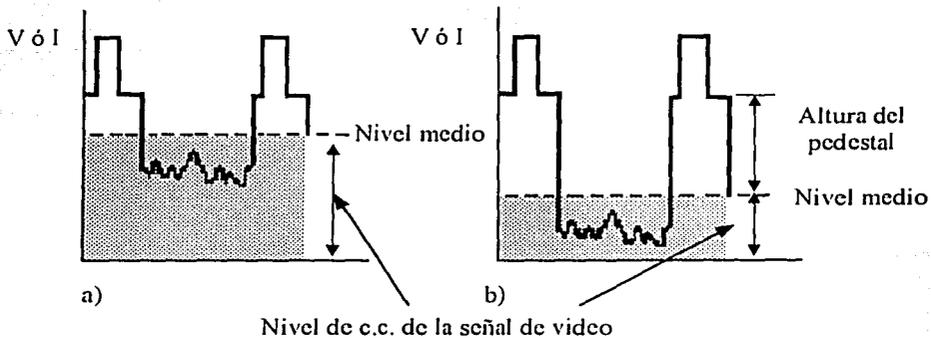


Figura 2.8

El factor gamma.- El factor Gamma es un valor numérico que sirve para representar la linealidad entre el contraste de entrada y el de salida. En la televisión y en la reproducción cinematográfica es utilizado para indicar cómo son representados los valores de luminosidad. Los valores de gamma pueden ser:

Gamma < 1.- Los puntos de luminosidad y los contrastes son suaves con mayores niveles de gris.

Gamma = 1.- Los puntos luminosos tienen el contraste adecuado.

Gamma > 1.- Los puntos luminosos tienen un alto contraste entre los niveles de negro y el blanco.

En televisión los valores típicos de gamma son entre 2.2 a 3.5, en la cinematografía el valor de gamma utilizado es de 1.5.

2.7.- EL BURST DE COLOR.

.- Para sincronizar la señal de color, la señal de video compuesta tiene superpuesta una señal de 3.58 MHz llamada burst de crominancia o de color como se muestra en la figura 2.5 en donde la señal de color es parte de la imagen. Se observa también que la señal de color en la figura 2.5 tiene en el umbral posterior del pulso de sincronismo horizontal un burst o ráfaga de sincronismo de color. Este burst consiste en 8 ciclos de la subportadora de color de 3.58 MHz. Su único objetivo es sincronizar el oscilador de 3.58 MHz del receptor para que el proceso de demodulación de las señales de color pueda llevarse a cabo adecuadamente. La duración de la ráfaga del burst de color varía entre los 2.23 a 3.11 μ s y 8 ciclos como mínimo, y su inicio es entre los 4.71 a los 5.71 μ s (0.38 μ s después de la señal de sincronismo de línea en el umbral posterior).

En la figura 2.9 se muestra como sería el efecto de la señal de color en una señal de blanco y negro; en la figura 2.9a se representa la señal de blanco y negro, en la figura 2.9b la señal de blanco y negro tiene una señal sobrepuesta de color o burst para que en la imagen se representen los diferentes colores.

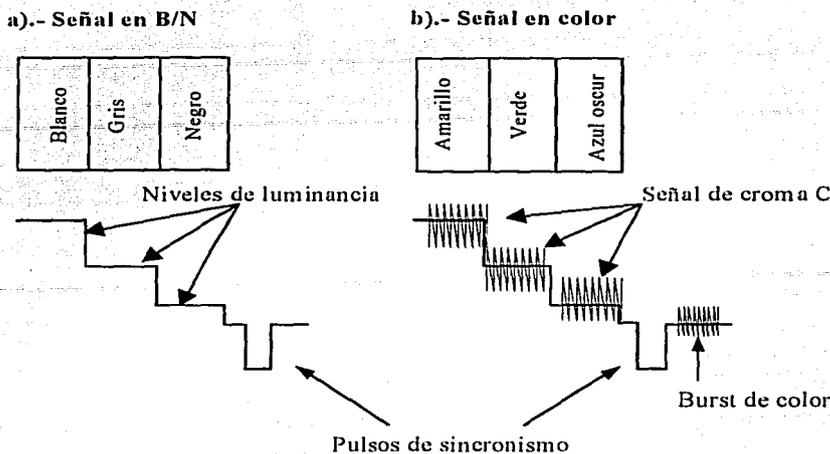


Figura 2.9

De esta manera se añaden las dos señales de color para generar las tonalidades reales de color sobre la señal de blanco y negro (luminancia) sin afectar la definición y las tonalidades del blanco y negro (figura 2.9), es decir, son dos señales en la misma para diferentes equipos receptores.

2.8.- SERVICIOS DENTRO DE LA TRAMA DE VIDEO.

- Durante la transmisión se pueden incluir señales de prueba para proporcionar niveles de referencia de modulación; de tal manera que las variaciones de intensidad de luz de la escena, captada por la cámara, sean transmitidas fielmente; con el objetivo de poder comprobar el funcionamiento de todo el sistema de transmisión. La transmisión de estos patrones no debe ocasionar alteración alguna en las transmisiones de radiodifusión y no deberán transmitirse señales de prueba durante las partes de cada línea del borrado horizontal.

- **Intervalo de protección.**- Se utiliza siempre un intervalo de protección no menor de media línea entre la última señal de prueba y el principio de la primera línea de exploración.

- **Cancelación de fantasmas.**- El intervalo comprendido entre los últimos 12 microsegundos de la línea número 17, hasta la línea número 20 del intervalo de borrado vertical de cada campo, puede ser utilizado para las transmisiones de señales de prueba. La línea número 19 de cada campo, puede ser utilizada para la transmisión de la señal de referencia de cancelación de fantasmas.

- **Subtitulaje.**- La línea número 21 del campo 2 puede ser utilizada para transmisiones opcionales de subtitulaje restringido y algún tipo de información.

- **Identificación de programas.**- Los intervalos dentro de los primeros y los últimos 10 μ s de las líneas 22 y 24 y de las 260 a la 262 (de un campo) pueden contener patrones codificados para la identificación de los programas de televisión y sus anuncios, ninguna transmisión de estos patrones codificados tendrá una duración mayor a un segundo.

- **Teletexto.**- Existe un servicio dentro de la estructura de la señal de televisión, el cual se ocupa para la transmisión de datos, textos o material gráfico, los cuales se envían codificados y no pueden ser detectados por los receptores de televisión a este servicio se le llama teletexto, esto debido a la codificación y a que se utiliza el intervalo de supresión de trama utilizando las líneas 10 a 21 y de la 273 a la 284.

- **Señales de audio.**- Empleando el multiplexaje de la portadora de audio, se pueden transmitir señales de telemetría y alerta desde la ubicación de un transmisor móvil remoto al punto de control de una estación de radiodifusión, debiéndose sujetar a las siguientes condiciones:

- 1).- No deben ocasionarse degradaciones a las señales de video y audio.
- 2).- El uso del multiplexaje no debe producir emisiones fuera del canal de televisión autorizado.
- 3).- El multiplexaje se limita al uso de una subportadora única.
- 4).- La modulación máxima de la portadora de audio producida por la subportadora no debe de exceder el 10% del máximo grado de modulación.
- 5).- El multiplexaje de la portadora de audio no ocasionará que los niveles de ruido a la salida del sistema de transmisión que excedan a los especificados en las normas de emisión, nivel de ruido para modulación en frecuencia y modulación en amplitud.
- 6).- La frecuencia instantánea de la subportadora utilizada para modular la portadora de audio, estará comprendida dentro de la gamma de 20 a 50 KHz.

CAPITULO

III

LA SEÑAL DE COLOR

LA SEÑAL DE COLOR

3.1.- LA SEÑAL DE TELEVISION EN COLOR.

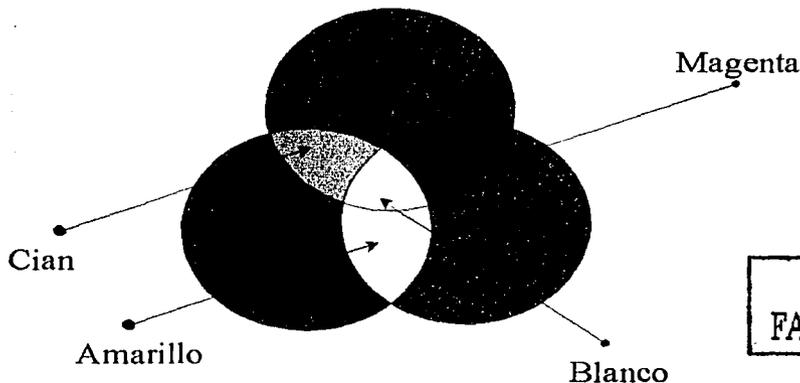
- El primer sistema de televisión en color, el NTSC (National Television System Committee), se introdujo en Estados Unidos en Diciembre de 1953, y en él están basados todos los demás sistemas de televisión en color. Las principales características en el desarrollo de la televisión en color fueron las siguientes:

- **Compatibilidad.**- La señal de color debe ser visible en un televisor blanco y negro en escala de grises sin pérdida de calidad.
- **Compatibilidad hacia atrás.**- Los receptores de color deben mostrar imágenes en escala de grises cuando reciban una señal en blanco y negro
- **Ancho de banda.**- La señal de color no debe ocupar mayor ancho de banda que la señal monocroma.
- **Calidad.**- El sistema de color debe de producir imágenes con colores precisos y con una calidad no inferior a la proporcionada por el sistema de blanco y negro.

El sistema NTSC cumplió las cuatro condiciones y consiguió además un método para separar el brillo (luminancia o señal *Y*) y el color (chrominancia o señal *C*) en dos señales diferentes dentro de la misma señal, es decir, que se insertó en la señal monocromática una señal de color a la que se le llama chrominancia o chroma; esto con el fin de que la señal pudiera ser utilizada tanto en receptores o televisores de color como en blanco y negro. Como la señal de luminancia o brillo va implícita en la señal de blanco y negro para lograr las diferentes tonalidades de gris, se logró un sistema compatible para ambas.

3.2.- LOS COLORES PRIMARIOS.

- Para esto se encontró que con la combinación de ciertos colores se podrían lograr una amplia gama de colores en el espectro visual del ojo humano; esto es, entre 400 y 700 nm; siendo el rojo, verde y azul los colores que combinados con diferente intensidad forman todos los demás colores de este rango del espectro, incluyendo el blanco; por tal motivo se les llamó colores primarios y aprovechando la persistencia de la visión del ojo humano la combinación provoca en el ojo el efecto de mezcla de colores creando las diferentes tonalidades en cada pixel.



TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Figura 3.1

Cuando se mezclan los colores primarios como se muestra en la figura 3.1 da como resultado colores intermedios. Dependiendo de la saturación o cantidad de color en la mezcla se generan diferentes tonalidades, por ejemplo:

Rojo + Azul = Magenta
Azul + Verde = Cian

Rojo + Verde = Amarillo
Rojo + Verde + Azul = Blanco

O representado de otra forma:

IMAGEN DE BARRAS DE COLOR

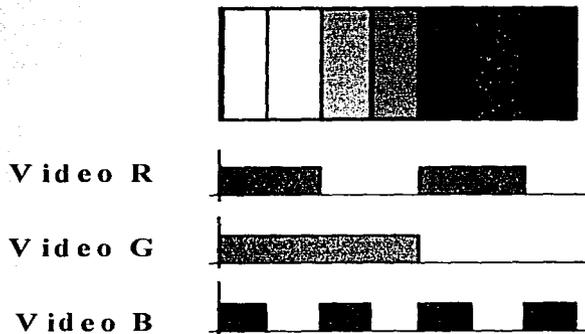


Figura 3.2

Esto es cuando la combinación tiene las mismas cantidades en proporción. Variando las proporciones se pueden generar los otros colores naturales incluyendo blanco y gris. Para el caso de la televisión se utiliza un color blanco de referencia, que es especificado como temperatura de color de 6500 °K. Este es un blanco azulado, que representado en la imagen es muy parecido al blanco de la luz del día.

Una condición adicional en la selección de los colores primarios es que no se pueda obtener un primario mezclando los otros primarios, aunque la razón primordial para seleccionar estos colores, es que con los 3 primarios se pueden formar todos los colores de la naturaleza inclusive el color de la piel humana. Además en el ojo humano existen ciertas células en forma de conos y bastones sensitivas al rojo, verde y azul.

Los bastones. - Son muy sensibles a la luz de bajo nivel, al movimiento y también a los colores azul y verde debido a un pigmento llamado rhodopsin, pero no son muy sensibles en la calidad o resolución, estos tienen un cierto margen de error en la parte del centro del campo de vista llamado fovea, dado que se encuentran esparcidos por todo el globo ocular excepto en esa zona. Son los principales detectores de la visión periférica así como en la detección de la visión nocturna o en blanco y negro.

Los conos. - Los conos se encuentran en la zona central del ojo humano y son responsables de la detección del color, lo que provee una alta definición en la visión diurna. Los conos tienen tres pigmentos uno muy sensible a la luz azul (447 nm), un sensible a la luz verde llamado chlorolabe (540 nm), y un pigmento sensible al rojo llamado erythrolabe (577 nm), situación por la cual se seleccionaron dichos colores como primarios.

Como se puede notar en la figura 3.3 el ojo humano percibe al color verde como el color más brillante.

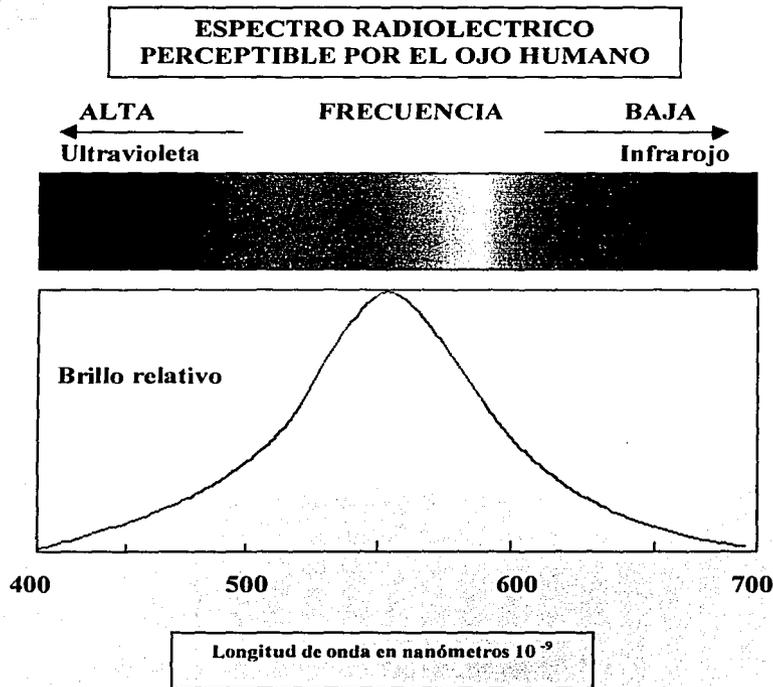


Figura 3.3

Cuando un color primario se mezcla* con otro generando el color blanco se le llama color complementario o complemento; por ejemplo, el amarillo, cuando se añade al azul, produce luz blanca.

Dado que el amarillo está conformado por el rojo y el verde es el complemento del azul. También a los colores complementarios cian, magenta y amarillo se les llama menos rojo, menos verde y menos azul respectivamente, porque cada uno puede ser producido por la luz blanca quitando el primario correspondiente. Un primario y su complemento se consideran colores opuestos. La razón es que el complemento de cualquier primario contiene los otros dos primarios. Por lo tanto los colores complementarios de los colores primarios son:

COLORES PRIMARIOS Y COMPLEMENTARIOS

COLOR PRIMARIO	COLOR COMPLEMENTARIO
Rojo	Cian = Azul + Verde
Verde	Magenta = Rojo + Azul
Azul	Amarillo = Rojo + Verde

Tabla 3.1

* Nota: En adelante, una mezcla de colores es una superposición de haces de luz y no una mezcla de pigmentos.

-Todo color tiene tres características que especifican la información visual:

Matiz o tinte.- Es lo que comúnmente llamamos el color, que puede variar desde el rojo hasta el violeta, como se muestra en la figura 3.3.

Saturación.- Es la intensidad del voltaje, la amplitud de la señal de crominancia y la intensidad del color, es decir, si el color es un verde oscuro su voltaje será mayor, o menor si este es un verde claro.

Luminancia.- Es el brillo o el sombreado de gris que tendría una imagen de blanco y negro, es decir, esta es la característica de una señal monocromática, aunque como se puede observar en la figura 3.3 la percepción mayor en brillo está entre el cian, verde y naranja, colores más claros en el área central del espectro radioeléctrico.

Con respecto a la señal de croma cabe mencionar que se integró con la idea de evitar manejar señales de rojo verde y azul por separado; porque esto provocaría un sistema más robusto que demandaría más ancho de banda, situación que se presenta en el sistema de televisión de circuito cerrado.

3.3.- LA SEÑAL DE CROMINANCIA.

- La señal de **crominancia** o **croma** (*C*) incluye toda la información de color sin el brillo y la señal de luminancia, que es la señal monocromática. Por consiguiente la crominancia y el brillo o luminancia juntos especifican la información completa de la imagen. Esta señal *C* contiene el matiz y la saturación para todos los colores.

La transmisión de la señal de color *C* se realiza por medio de la modulación de bandas laterales con portadora suprimida (figura 3.4), con el fin evitar que la portadora produzca puntos interferentes de color en la imagen. Esto requiere que en el receptor se reinserte la subportadora de color para poder detectar la modulación de las bandas laterales. En la figura 3.4 se observa la diferencia entre la modulación de AM convencional y la modulación de doble banda lateral con portadora suprimida.

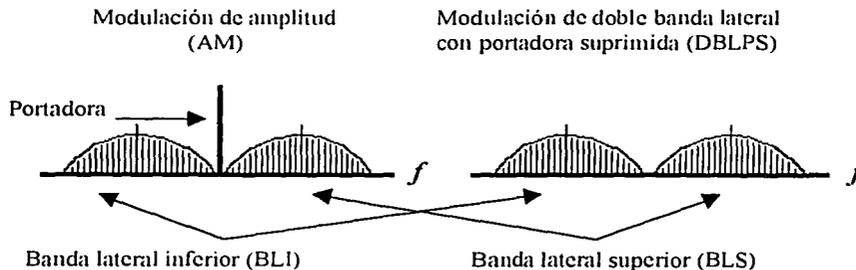


Figura 3.4

El ancho de banda mínimo para cada señal R, G y B es de 0.5 MHz. La señal *C* incluye las frecuencias o bandas laterales por encima y por debajo de la subportadora modulada de 3.58 MHz, principalmente de 3.08 a 4.08 MHz.

3.4.- ENTRELAZADO DE FRECUENCIA.

- Esta técnica llamada *intercalación* o *entrelazado de frecuencia* consiste en transmitir las dos señales; crominancia y luminancia en la misma señal intercalándolas entre las componentes armónicas pares e impares para minimizar la interferencia entre ellas. La colocación de las frecuencias armónicas de la señal *C* en posición intermedia entre los armónicos de la frecuencia de exploración horizontal f_H , se efectúa haciendo que la frecuencia subportadora de color sea exactamente 3.579545 MHz, esta frecuencia es un múltiplo impar de la mitad de la frecuencia del barrido horizontal.

Entonces la frecuencia de la subportadora de color es:

$$C = \text{armónico} \frac{f_{H\text{COLOR}}}{2} = (455) \times \frac{15,734.265}{2} = 3.579545 \text{ MHz} \approx 3.58 \text{ MHz}$$

A causa de la exploración entrelazada de líneas, la señal de imagen cancela su efecto para las frecuencias impares $f_H/2$ en la pantalla, esto es debido a que estas frecuencias tienen polaridades opuestas de la señal de imagen en las líneas pares e impares de exploración.

La figura 3.5 muestra los espacios en el dominio de la frecuencia donde se inserta a la señal de crominancia entre los grupos de frecuencias de la señal *Y*. Estos espacios son múltiplos impares de la mitad de la frecuencia de exploración horizontal, tales como $3/2 H$ ó $5/2 H$.

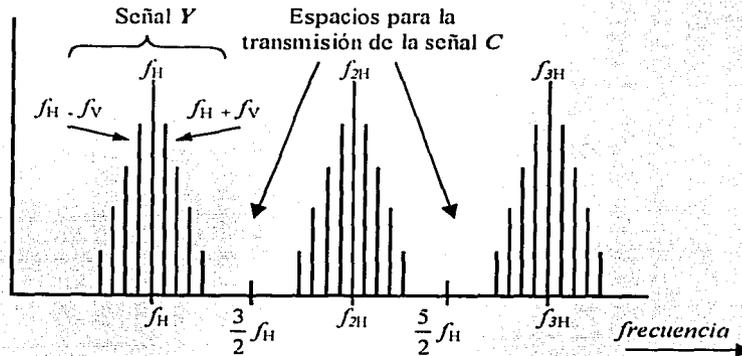


Figura 3.5

De esta manera, las frecuencias de las señales *Y* y *C* están intercaladas (figura 3.6) y se pueden transmitir ambas señales en el mismo canal de 6 MHz sin que prácticamente haya interferencia.

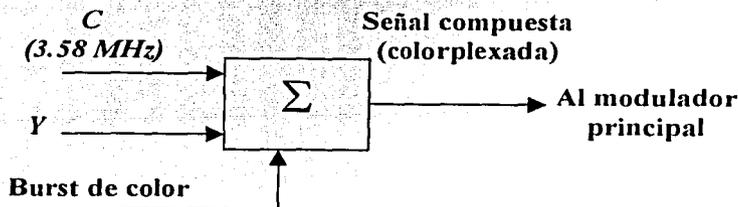


Figura 3.6

Las señales I y Q .- Dado que el ojo humano es más sensitivo al rango de colores entre el cian y el naranja (figura 3.3) los detalles de una imagen son más perceptibles entre estos colores. Además, como los colores (figura 3.7) verde y magenta son opuestos, se decidió separar la señal de croma en dos señales I y Q . De esta manera se puede manejar el mayor detalle en el rango entre el cian y el naranja, por esto la **señal I** (cian-naranja) se transmite con un ancho de banda base de 1.3 MHz, y para el caso de la **señal Q** (verde-magenta) se transmite a 0.5 MHz, ambas por el proceso de multiplexado están defasadas 90° dentro de la señal de croma, lo que provoca que haya una muy buena separación entre ambas señales. La representación vectorial de las señales de color se ilustra en la figura 3.7.

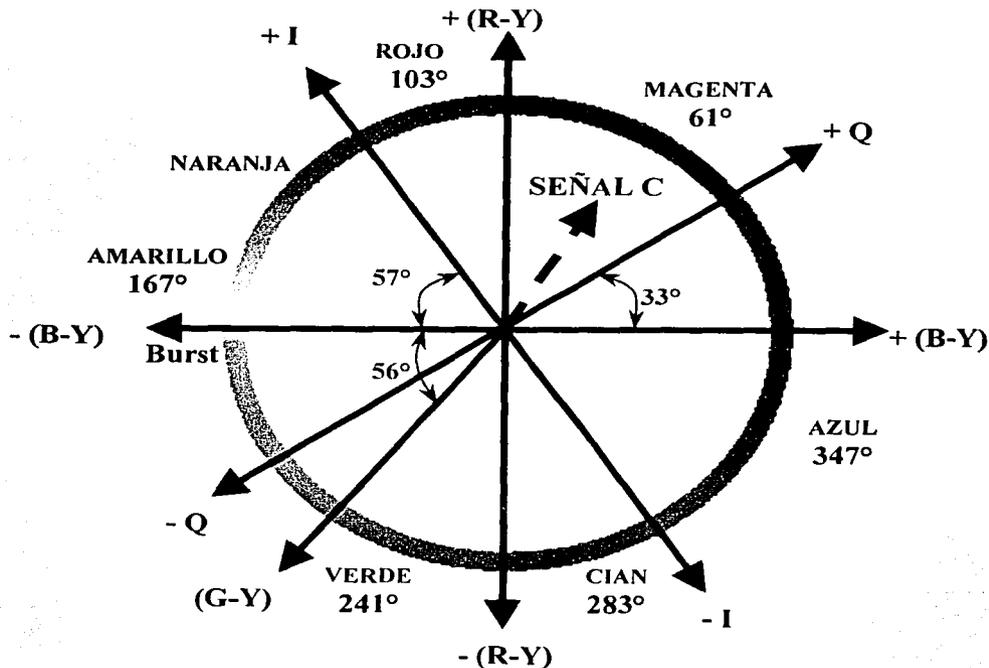


Figura 3.7

Los ejes I y Q .- Se utilizan estas señales video de color para modular la subportadora de 3.58 MHz, el eje I está defasado 57° del burst de sincronismo de color y el eje de Q está en cuadratura con el eje I (figura 3.7).

De este multiplexado se obtiene para la polaridad positiva ($+I$) el color naranja y el color cian para la polaridad negativa ($-I$), para el caso de la señal Q la polaridad positiva ($+Q$) es el color magenta y la polaridad negativa ($-Q$) el verde amarillento. Estas señales se complementan ya que tienen la información de color basada en los colores primarios.

El multiplexado se realiza mediante una multiplicación de la señal Q por una señal coseno y la señal I por un seno (figura 3.8), ambas de 3.58 MHz.

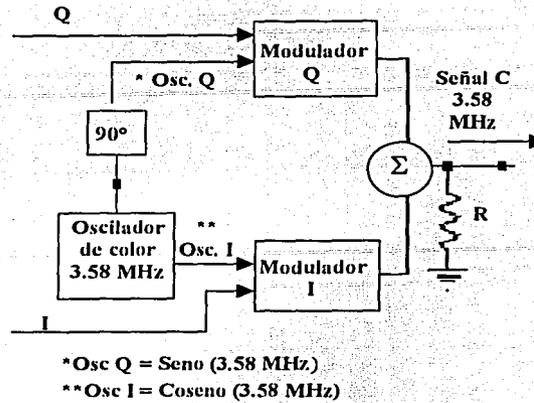


Figura 3.8

Componentes RGB de las señales Y, I y Q.- Para poder transmitir las tres señales Y, I y Q se ajustaron los valores de RGB a los siguientes porcentajes:

Para el caso de la señal de luminancia (Y) los componentes de la señal son:

$$Y = 0.299R + 0.587G + 0.114B \cong 0.30R + 0.59G + 0.11B$$

La razón de estos porcentajes es porque dan la sensación aproximada del color blanco en la visión humana. Los porcentajes para las señales de color son (figura 3.9):

$$I = 0.60R - 0.28G - 0.32B$$

$$Q = 0.21R - 0.52G + 0.31B$$

El signo indica la polaridad de la señal de color. En ambas señales cuando los valores son cero I y Q representan el color blanco ya que no hay información de crominancia en ellas.

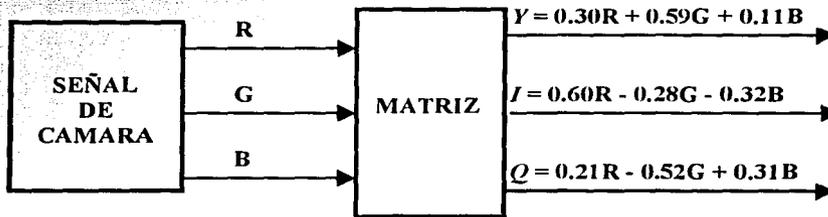


Figura 3.9

Las señales I y Q modulan en doble banda lateral con portadora suprimida a la subportadora de color de 3.58 MHz. La señal de 3.58 MHz modulada con el color se superpone a la señal de luminancia y a la ráfaga de color, para que todo este conjunto sea alimentado al modulador del canal (o principal) que lo traslada a la frecuencia nominal de la estación. Las frecuencias de 0 a 0.5 MHz de la señal I son transmitidas como bandas laterales dobles, utilizando ambas frecuencias laterales. Pero para las frecuencias comprendidas entre 0.5 y 1.3

MHz, sólo se transmiten las bandas laterales inferiores.

Los ejes $B - Y$ y $R - Y$.- Existen otras formas de representar la señal de crominancia C o RGB con señales de color llamadas señales de diferencia de color, estas son las señales de video $B - Y$, $R - Y$ y $G - Y$ que son utilizadas en los sistemas de televisión europeos PAL y SECAM. Las señales $B - Y$ y $R - Y$ están en cuadratura y para recuperar los matices de ambas señales en el receptor en la demodulación de la señal C se reinserta la señal subportadora de color de 3.58 MHz. Como las señales están en cuadratura se puede producir el mismo multiplexaje que en la figura 3.6.

Las proporciones de los colores RGB para estas señales son:

$$B - Y = -0.30R - 0.59G + 0.89B$$

$$R - Y = 0.70R - 0.59G - 0.11B$$

$$G - Y = -0.30R + 0.41G - 0.11B$$

Volviendo a l estándar NTSC, el receptor obtiene la señales Y , I y Q , pero requiere alimentar al cinescopio con las señales $B - Y$, $R - Y$ y $G - Y$. Estas se pueden obtener por matizado de la siguiente forma:

$$B - Y = -1.105I + 1.729Q$$

$$R - Y = 0.948I + 0.62Q$$

$$G - Y = -0.27I - 0.635Q$$

Todas estas señales de video I , Q , $B - Y$, $R - Y$ y $G - Y$ son mezclas de color que combinan rojo, verde y azul de modo que las dos mezclas puedan contener toda la información de color de los tres primarios. Resumiendo:

LAS SEÑALES DE DIFERENCIA DE COLOR

SEÑAL	MATIZ	ANCHO DE BANDA (MHz)	NOTAS
$B - Y$	Azul	0 - 0.5	Fase opuesta a la de sincronismo de color.
$R - Y$	Rojo	0 - 0.5	En cuadratura con $B - Y$.
$G - Y$	Verde	0 - 0.5	Combina $B - Y$ y $R - Y$.
I	Naranja	0 - 1.3	Máximo ancho de banda de color.
Q	Púrpura	0 - 0.5	En cuadratura con I .

Tabla 3.2

Valores relativos de ganancia.- Las amplitudes de la señal video de color son modificadas en la transmisión para evitar su modulación más allá de los niveles máximos de blanco y negro. Todos los receptores deben de estar compensados con las siguientes proporciones de ganancia:

$$\text{Ganancia de } B - Y = \frac{1}{49} = 2.04 \%$$

$$\text{Ganancia de } R - Y = \frac{1}{87.7} = 1.14 \%$$

$$\text{Ganancia de } G - Y = \frac{1}{142.3} = 0.70 \%$$

Por ejemplo, la ganancia del receptor para la señal $B - Y$ es casi doble que la ganancia para la señal $R - Y$. La razón es que, en la modulación del transmisor, la componente $B - Y$ se reduce al 49 % de su nivel normal.

3.5.- BURST DE SINCRONISMO DE COLOR.

- El burst o ráfaga de sincronismo está formado de 8 a 11 ciclos de la subportadora de color de 3.58 MHz y es transmitido en el umbral posterior de cada pulso horizontal. La amplitud de la señal de burst es del tamaño del pico de sincronismo pero el nivel medio de este, está en el nivel de borrado lo que hace que no interfiera o sea confundido con los pulsos de sincronismo. Para que los matices sean correctos en la señal *C* es necesario sincronizar la fase del oscilador de 3.58 MHz en el receptor. Cabe mencionar que el matiz correspondiente a la fase de sincronismo de color es verde - amarillento (figura 3.7).

La presencia o ausencia del burst determina si un programa es de color o monocromático, aún si la señal *C* de crominancia sea captada por el receptor; sin la señal del burst de sincronismo el programa o imagen representada en el receptor será en blanco y negro.

A continuación en la figura 3.10, se indica la posición del burst de color en la señal de video compuesta, en el umbral posterior del pulso de borrado después del pulso de sincronismo para evitar cualquier error en la detección de los circuitos del receptor con el pulso de borrado o el pulso de sincronismo.

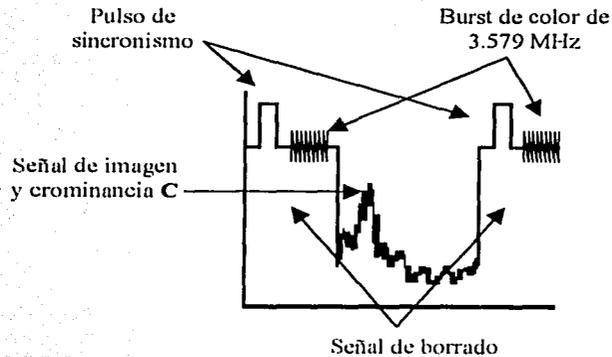


Figura 3.10

3.6.- LA SEÑAL COMPUESTA COLORPLEXADA.

- Esta señal se forma con las magnitudes de la señal *Y* y la señal *C* de la siguiente manera:

1.- La señal *Y*.- De la ecuación RGB para definir la señal *Y*, se obtienen los valores de voltaje o amplitud de la señal *Y* para los diferentes colores, por ejemplo para el color rojo:

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

2.- La señal *C*.- Como las dos señales *I* y *Q* están en cuadratura, se pueden representar las variaciones de la amplitud para los diferentes colores. Por el método de adición de fasores las señales *I* y *Q* se pueden expresar por:

$$C = \sqrt{I^2 + Q^2}$$

De las ecuaciones RGB para la definición de I y Q obtenemos el color rojo, anulando el verde y el azul, quedan los valores de amplitud de la manera siguiente:

$$I = 0.60R - 0.28G - 0.32B = 0.60R = 0.60$$

$$Q = 0.21R - 0.52G + 0.31B = 0.21R = 0.21$$

La amplitud de la crominancia quedaría:

$$C = \sqrt{(0.60)^2 + (0.21)^2} = 0.6356 = 0.63$$

Si se obtiene el valor para su complementario:

$$I = -0.28G - 0.32B = 0.60$$

$$Q = -0.52G + 0.31B = 0.21$$

De estos valores de I y Q nos dará el mismo valor que en el caso del color rojo, ya que son complementarios, pero de diferente polaridad (figura 3.7), es decir, los ángulos de fase son opuestos.

De las ecuaciones anteriores se obtiene la siguiente tabla 3.3:

MAGNITUDES DE LAS SEÑALES I , Q Y Y PARA LOS DIFERENTES COLORES

COLOR	SEÑAL I	SEÑAL Q	SEÑAL Y
Rojo	-0.60	0.21	0.30
Verde	-0.28	-0.52	0.59
Azul	-0.32	0.31	0.11
Amarillo	0.32	-0.31	0.89
Cián	0.60	-0.21	0.70
Magenta	0.28	0.52	0.41
Blanco	0	0	1

Tabla 3.3

3.- El ángulo de fase de la señal C .- Para obtener el ángulo de fase de la señal Q para el matiz, de la tangente entre Q e I . Tomando los valores para el rojo $Q = 0.21$ e $I = 0.60$, tenemos:

$$\tan^{-1} \left(\frac{Q}{I} \right) = \tan^{-1} \left(\frac{0.21}{0.60} \right) = \tan^{-1} (0.35) = 19.29^\circ \text{ este ángulo es desde el eje } I \text{ hasta el eje } Q.$$

Finalmente la señal colorplexada se puede resumir de acuerdo a la tabla siguiente:

3.7.- LOS COLORES EN NIVELES DE IRE.

- En los inicios se utilizaban los colores mas saturados al 100%, es decir, que los colores primarios estaban al 100%. Esto implicaba que el pico del color blanco estaba al máximo, pero como realmente no se ocupan en la cámara colores saturados al 100%, esto propiciaba que el color azul pudiera tener amplitudes de -33 unidades IRE por debajo del ajuste del negro. Actualmente se utiliza una escala reducida que se llama *barras de color del 75%* (figura 3.12), es decir, que los colores primarios el máximo (100%) valor es de 75 unidades IRE. La figura 3.9 representa las barras de color IRE al 75% conocido como estándar de barras de color EIA.

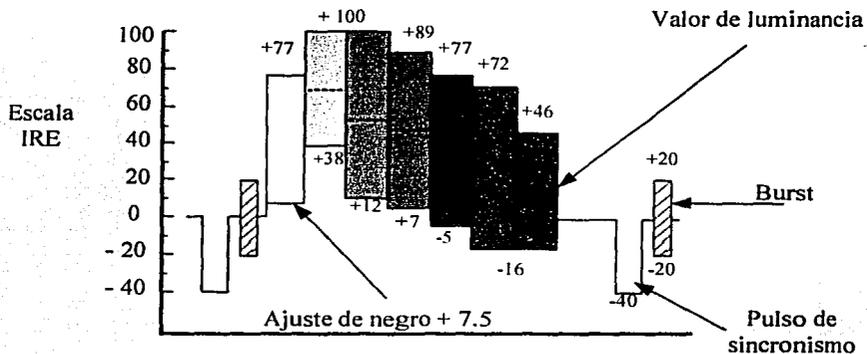


Figura 3.12

Valor de luminancia (Y) para las barras de color.- En la figura 3.12 se observa un nivel marcado con línea punteada este es el nivel de la señal de luminancia (Y) para dicho color, por ejemplo para el color blanco es +77 color. Este valor se obtiene restando de las 100 unidades IRE el valor del ajuste de negro y multiplicando por el 75% para obtener el rango del nivel de blanco o de color, tomando como ejemplo el color rojo:

$$100 - 7.5 = 92.5 \text{ unidades IRE.}$$

$$0.75 \times 92.5 = 69.375 \text{ unidades IRE para el rango de color.}$$

Multiplicando por el valor del color rojo obtenido en la tabla 3.3 para la señal Y, y añadiendo el valor del ajuste de negro que no es afectado por la proporción se tiene:

$$69.375 \times 0.30 = 20.813$$

$$20.813 + 7.5 = 28.313 \cong 28 \text{ unidades IRE.}$$

Valor de crominancia (C) para las barras de color.- Esto se obtiene de los valores de crominancia de la tabla 3.4 multiplicados por el valor del rango obtenido para el rango de color al 75%, de esta forma para el color rojo las variaciones a partir del valor de la luminancia es:

$$69.375 \times 0.63 = 43.706 \cong \pm 44 \text{ unidades IRE}$$

De esta forma se obtienen los valores para los demás colores primarios, que se muestran en la siguiente tabla 3.5

NIVELES IRE DE LAS BARRAS DE COLOR AL 75%

COLOR	SEÑAL Y	SEÑAL C	VARIACION
Rojo	+28	+72	± 44
Verde	+48	+89	± 41
Azul	+15	+46	± 31
Amarillo	+69	100	± 31
Cián	+56	100	± 44
Magenta	+36	+77	± 41
Blanco	+77	-	-

Tabla 3.5

La ventaja de que los valores máximos de los colores amarillo y cián son 100 unidades IRE para la señal de crominancia, es que permite verificar que las amplitudes relativas y la saturación de la señal de crominancia sean correctas.

La representación de los colores en un diagrama polar; con las amplitudes relativas y los ángulos de fase de los colores en la escala de IRE al 75% serán de la siguiente forma:

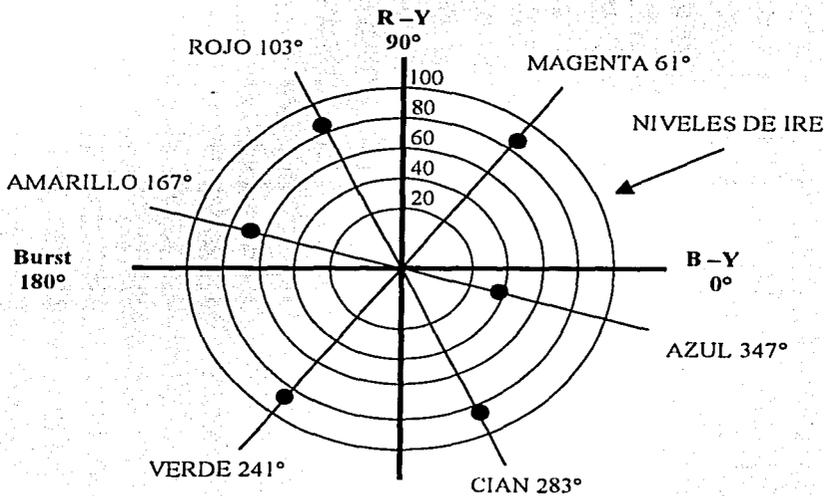


Figura 3.13

De la figura 3.13 también podemos observar que los colores rojo, verde, cián y magenta, son los de mayor intensidad.

CAPITULO

IV

TRANSMISION DE LA SEÑAL DE TELEVISION

TRANSMISION DE LA SEÑAL DE TELEVISION

4.1- LA TRANSMISION DE TELEVISION.

.- La transmisión de la televisión utiliza tipos diferentes de modulación para transmitir el video y el audio. Para la transmisión de video o imagen se utiliza la modulación en AM en banda lateral residual. El audio en cambio se transmite en FM estéreo.

COMPARACION ENTRE LA MODULACIÓN FM Y AM.

FM	AM
La amplitud es constante.	La amplitud de la portadora varía con la modulación.
La frecuencia portadora varía con la modulación.	La frecuencia de la portadora es constante.
El voltaje de la moduladora determina la frecuencia de la portadora de RF.	El voltaje de la moduladora determina la amplitud de la portadora de RF.
La frecuencia de la moduladora determina los cambios de la frecuencia de la onda portadora de RF.	La frecuencia de la moduladora determina los cambios de amplitud de la señal portadora de RF.

Tabla 4.1

La transmisión de la banda lateral residual utilizada para la señal de imagen es designada por la FCC como tipo de emisión A5C negativa. En este tipo de modulación se utiliza toda la banda lateral superior y sólo una parte, de la banda lateral inferior, es decir, la banda lateral superior tiene todas las frecuencias moduladoras de video hasta 4 MHz. Sin embargo, la banda lateral inferior incluye las frecuencias de video solo en un rango de 1.25 MHz. Este tipo de modulación reduce el ancho de banda del canal de televisión de aproximadamente 9 MHz a solo 6 MHz. Una ventaja adicional del sistema de BLR (Banda Lateral Residual), es que el receptor de televisión es tan sencillo como uno de AM. Si se transmitiera en BLU (Banda Lateral Unica) el receptor sería más complicado y costoso. En la siguiente figura se ilustran los espectros de AM, BLR y BLU.

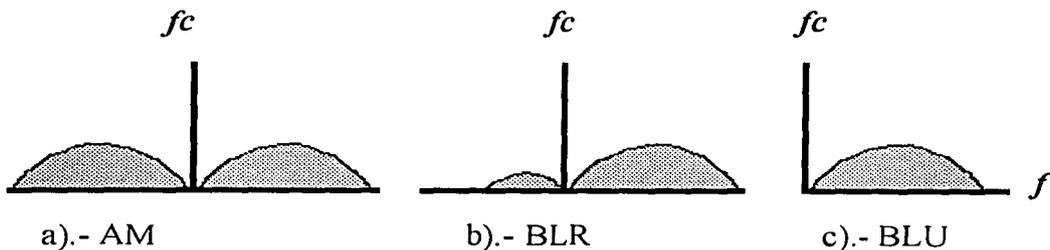


Figura 4.1

En la transmisión todas las frecuencias laterales más bajas de la banda lateral inferior, son suprimidas por un filtro de banda lateral residual dejando un espectro asimétrico, como se ve en la figura 4.2.

La transmisión en BLU no se usa en televisión, ya que además de que encarece el receptor. Los filtros de BLU en el transmisor no eliminan completamente una banda. Si se consigue desaparecer una banda lateral, la otra se verá afectada tanto en magnitud como en fase distorsionándose la imagen en la pantalla del receptor.

Considerando como ejemplo al canal 2, la representación de las señales y sus frecuencias dentro del ancho de banda en el dominio de la frecuencia se muestra en la figura 4.2.

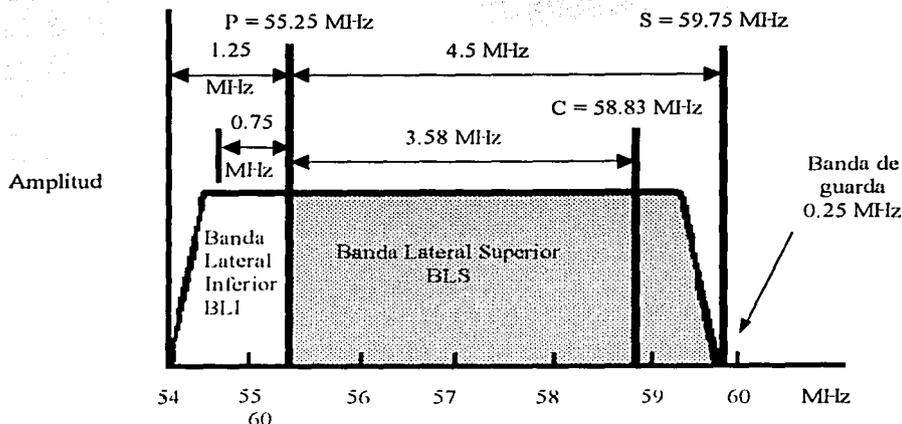


Figura 4.2

Donde:

P = Señal portadora de imagen.

S = Señal de audio.

C = Señal de color o crominancia.

Con la portadora de imagen separada 1.25 MHz del extremo del canal se pueden transmitir sin problemas frecuencias video de hasta 4.5 MHz en el canal de 6 MHz.

La frecuencia subportadora de crominancia, de 58.83 MHz, está separada 3.58 MHz de la portadora de imagen y es una frecuencia lateral superior de la portadora de imagen en el canal 2.

Como se observa en la figura 4.2 la frecuencia de la portadora de imagen P no está en el centro del canal, debido a que se está utilizando la modulación de banda lateral residual o vestigial en la parte inferior de la señal, esto con el fin de lograr que la modulación de video de 4 MHz entre el canal de 6 MHz.

La banda lateral superior (BLS).- Esta banda se extiende hasta los 4 MHz por encima de la frecuencia portadora. Luego las frecuencias más altas descienden hasta anularse prácticamente para evitar la interferencia con la señal de sonido que esta 59.5 MHz.

La banda lateral inferior (BLI).- Esta banda se extiende horizontalmente hasta 0.75 MHz por debajo de la frecuencia portadora de imagen. Después las frecuencias descienden hasta anularse para evitar la interferencia con el canal adyacente inferior. De esta forma los equipos receptores no requieren circuitos complicados y caros.

La señal de color C también se modula en amplitud y en banda lateral residual pero suprimiendo la portadora. Las señales de imagen y sonido son ondas portadoras individuales separadas por 4.5 MHz. Para el color, la subportadora de crominancia de 3.58 MHz está contenida en la ráfaga o burst.

Canal estándar de televisión.- La distribución de señales en un canal de 6 MHz para la norma NTSC se muestra en la figura 4.2.

La distribución de frecuencias de un canal cualquiera de televisión tiene que cumplir con lo siguiente:

- 1.- La señal portadora de imagen **P** es siempre 1.25 Mhz más alta que el extremo inferior del canal.
- 2.- La señal portadora de sonido **S** es 4.5 MHz superior a la portadora de imagen y está 0.25 MHz por debajo del extremo superior del canal lo que se conoce como banda de guarda para evitar interferencias con el canal adyacente superior.
- 3.- La subportadora de color **C** está 3.58 MHz por encima de la portadora de imagen o a 4.83 MHz del extremo inferior del canal, como modulación de video en la banda lateral superior.

Esta separación entre las frecuencias portadoras es aplicable para todos los canales de TV.

De la figura 4.2 para el canal 2, el cual su asignación de frecuencias es de 54 a 60 MHz tiene la siguiente distribución de portadoras:

La portadora de imagen es:	$P = 54.00 + 1.25 = 55.25 \text{ MHz}$
La portadora de sonido es:	$S = 55.25 + 4.50 = 59.75 \text{ MHz}$
La señal subportadora de color es:	$C = 55.25 + 3.58 = 58.83 \text{ MHz}$

Bandas de difusión de televisión.- Los canales de televisión tienen asignado un rango de frecuencias de 6 MHz por la FCC para la señal AM de imagen y FM de sonido, dentro de dos bandas VHF y UHF.

Canales de VHF.- La banda de VHF se divide en:

La banda a **VHF Baja** incluye los canales 2,3,4,5,6, es decir, de los 54 a 88 Mhz.

La banda **VHF Alta** está entre el rango de los canales 7, 8, 9, 10, 11, 12 y 13 de 174 a 216 MHz.

Canales de UHF.- La banda de UHF incluye los canales del 14 al 83, esto es el rango de frecuencias 470 a 890 MHz (Tabla 4.2).

En este tipo de bandas (VHF y UHF) la propagación está limitada por una trayectoria de línea recta hasta el horizonte llamada **transmisión por línea visual** u **óptica**. Esto origina la reflexión de las ondas, que comúnmente producen el receptor, imágenes que se conocen como fantasmas debido a que las ondas rebotan en los obstáculos.

Estaciones de cocanal.- Un canal puede ser utilizado por varias estaciones de difusión en diferentes localidades, para ello se debe de tener una separación geográfica que permita la reutilización de ese rango de frecuencias y no haya interferencia entre las dos señales. Para esto se ha determinado que la reutilización se debe de dar de la siguiente manera;

VHF.- Deben tener una separación entre 274 a 354 Km (170 a 220 millas).

UHF.- Separación de 241 a 330 Km (150 a 205 millas).

La razón de que la distancia entre las estaciones de señales de UHF sea menor es porque las frecuencias son altas por consiguiente la transmisión es más dirigida. La salida de potencia normal para ambas estaciones es de 5 a 50 KW.

Canales adyacentes.- Se les llama a los canales vecinos en frecuencia, es decir, los canales 2, 3 y 4 son adyacentes (figura 4.3), de esta manera el canal 2 es el canal adyacente inferior del canal 3 y el canal 4 es el canal adyacente del superior, situación que no sucede con los canales 4 y 5 dado que están separados por 4 MHz como se observa en la tabla 4.2.

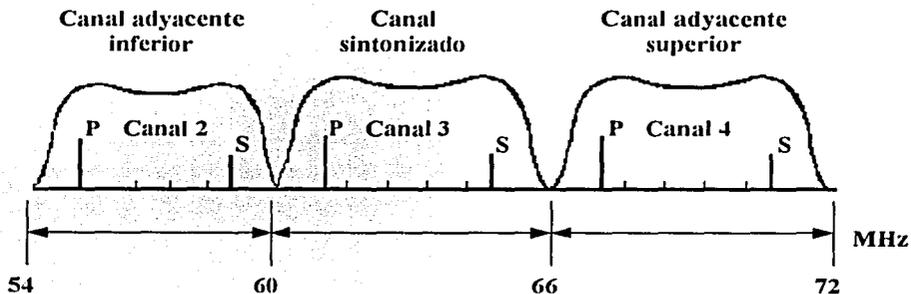


Figura 4.3

Dada la cercanía entre los canales de VHF existe la posibilidad de interferencia; es por eso que no se utilizan los canales adyacentes; situación por la cual, están asignados los canales 2, 4, 5, 7, 9, 11 y 13; es por eso que se reasignó el canal 8, ya que con la separación en la banda de VHF Alta solo podrían haber tres canales en lugar de cuatro, (7, 9, 11, 13) que son los que actualmente están transmitiendo. La asignación de frecuencias para los canales de televisión se muestra en la tabla 4.2:

FRECUENCIAS DE LOS CANALES DE TELEVISION

NUMERO DE CANAL	RANDA DE FRECUENCIA (MHz)	PORTADORA DE IMAGEN (MHz)	PORTADORA DE SONIDO (MHz)	NUMERO DE CANAL	RANDA DE FRECUENCIA (MHz)	PORTADORA DE IMAGEN (MHz)	PORTADORA DE SONIDO (MHz)	NUMERO DE CANAL	RANDA DE FRECUENCIA (MHz)	PORTADORA DE IMAGEN (MHz)	PORTADORA DE SONIDO (MHz)
1*	-	-	-	31	472-578	573.25	577.75	61	752-758	753.25	757.75
2	54-60	55.25	59.75	32	578-584	579.25	583.75	62	758-764	759.25	763.75
3	60-66	61.25	65.75	33	584-590	585.25	589.75	63	764-760	765.25	769.75
4	66-72	67.25	71.75	34	590-596	591.25	595.75	64	770-776	771.25	775.75
5	76-82	77.25	81.75	35	596-602	597.25	601.75	65	776-782	777.25	781.75
6	82-88	83.25	87.75	36	602-608	603.25	607.75	66	782-788	783.25	787.75
7	174-180	177.25	179.75	37**	608-614	609.25	613.75	67	788-794	789.25	793.75
8	180-186	181.25	185.75	38	614-620	615.25	619.75	68	794-800	795.25	799.75
9	186-192	187.25	191.75	39	620-626	621.25	625.75	69	800-806	801.25	805.75
10	192-198	193.25	197.75	40	626-632	627.25	631.75	70***	806-812	807.25	811.75
11	198-204	199.25	203.75	41	632-638	633.25	637.75	71	812-818	813.25	817.75
12	204-210	205.25	209.75	42	638-644	639.25	643.75	72	818-824	819.25	823.75
13	210-216	211.25	215.75	43	644-650	645.25	649.75	73	824-830	825.25	829.75
14	470-476	471.25	475.75	44	650-656	651.25	655.75	74	830-836	831.25	835.75
15	476-482	477.25	481.75	45	656-662	657.25	661.75	75	836-842	837.25	841.75
16	482-488	483.25	487.75	46	662-668	663.25	667.75	76	842-848	843.25	847.75
17	488-494	489.25	493.75	47	668-674	669.25	673.75	77	848-854	849.25	853.75
18	494-500	495.25	499.75	48	674-680	675.25	679.75	78	854-860	855.25	859.75
19	500-506	501.25	505.75	49	680-686	681.25	685.75	79	860-866	861.25	865.75
20	506-512	507.25	511.75	50	686-692	687.25	691.75	80	866-872	867.25	871.75
21	512-518	513.25	517.75	51	692-698	693.25	697.75	81	872-878	873.25	877.75
22	518-524	519.25	523.75	52	698-704	699.25	703.75	82	878-884	879.25	883.75
23	524-530	525.25	529.75	53	704-710	705.25	709.75	83	884-890	885.25	889.75
24	530-536	531.25	535.75	54	710-716	711.25	715.75				
25	536-542	537.25	541.75	55	716-722	717.25	721.75				
26	542-548	543.25	547.75	56	722-728	723.25	727.75				
27	548-554	549.25	553.75	57	728-734	729.25	733.75				
28	554-560	555.25	559.75	58	734-740	735.25	739.75				
29	560-566	561.25	565.75	59	740-746	741.25	745.75				
30	566-572	567.25	571.75	60	746-752	747.25	751.75				

* El grupo de 44 a 50 Mhz fue el canal de televisión 1, pero ahora está asignado a otros servicios.

** Los canales 70 a 83 están también asignados para radio terrestre móvil y en servicios especiales.

*** El canal 37 no está disponible para la asignación de TV.

- La banda de frecuencias comprendidas entre los canales del 14 al 20 de televisión está compartida con otros servicios.

Tabla 4.2

4.2. - LA SEÑAL DE AUDIO.

.- La transmisión del audio en televisión se realiza por medio de la modulación de frecuencia FM; esto con el fin de tener menos ruido e interferencia. A diferencia de la FM para la radiodifusión, en la televisión se utiliza una emisión F3 que es una modulación con una excursión máxima de frecuencia de ± 25 KHz, en lugar de la llamada F5 de ± 75 KHz que se utiliza en la radio. El rango de las frecuencias de audio es de 50 a 15,000 Hz; lo mismo que en la transmisión de radio de FM, para permitir la reproducción de sonido de buena fidelidad con un ancho de banda de 120 KHz distribuido como se indica en la figura 4.4.

Frecuencia central.- La frecuencia de la portadora RF sin modulación, o sea, cuando la tensión de modulación es cero se llama frecuencia central, también se le llama frecuencia de reposo.

Desviación de frecuencia.- Se le llama al cambio máximo hacia cualquier sentido con respecto a la frecuencia central.

Excursión de frecuencia.- Es el rango dentro del que varía la señal con respecto a la frecuencia central. Estos cambios opuestos de frecuencia corresponden a las polaridades opuestas de la modulación.

Porcentaje de modulación.- Se le llama a la razón de la excursión de frecuencia en relación con la cantidad definida por la FCC para el 100 % de modulación. Para la señal de sonido de TV el 100 % de modulación es de ± 25 KHz. Por ejemplo de la señal de sonido de TV, supongamos que la excursión de frecuencia sea + 15 KHz. Entonces el porcentaje de modulación es:

$$M \% = \frac{E_f}{f_m} = (15/25) \text{ KHz.} = 3/5 = 60 \%$$

Donde:

E_f .- Excursión de frecuencia.

f_m .- Frecuencia de modulación al 100 %.

Este porcentaje de modulación puede ser variado con el valor del voltaje de audio, pero nunca deberá ser mayor del 100% y nunca menor al 85%, solo en casos muy especiales.

Índice de modulación.- Es el valor de la desviación de frecuencia de la portadora RF dividida por la frecuencia moduladora de audio:

$$M = \frac{\Delta f}{f_a}$$

Donde:

Δf .- Desviación de frecuencia.

f_a .- Frecuencia de audio.

El índice de modulación permite calcular cuántos pares de bandas laterales hay en la señal de FM en la que se pueden producir múltiples pares de frecuencias de banda laterales. Situación que no sucede en la modulación en AM.

Preacentuación.- La preacentuación es la amplificación de ciertas frecuencias de audio antes de la modulación, con la idea de aumentar la relación señal/ruido para las frecuencias audio altas, entre los 2,400 y 15,000 Hz. Para la preacentuación se usa un filtro paso altas en el transmisor.

Desacentuación.- La desacentuación es la atenuación de las frecuencias en la misma proporción en que fueron amplificadas. Para la desacentuación se utiliza un filtro RC de paso bajo en la salida del detector de FM del receptor.

Sistema de sonido estereofónico y multicanal (MTS-BTSC).- Este sistema utiliza una subportadora de audio piloto en 15,734 Hz que permite a los receptores reconocer aquellas transmisiones que se hacen en estereofonía. Este proceso consiste en adicionar subportadoras a la portadora de audio de una estación de televisión. Algunas de estas subportadoras están diseñadas para ser recibidas por el público en general pueden ser usadas para una variedad de propósitos, incluyendo sonido estereofónico, transmisión en un segundo idioma, comunicaciones comerciales, mensajes (en producción de programas), telemetría u otro audio análogo o digital o servicio de datos.

Sonido estereofónico.- En la radiodifusión comercial de FM la mayoría de estaciones funcionan en estéreo. Este método codifica el sonido en dos señales:

Izquierda + derecha (I + D)

Izquierda - derecha (I - D)

La señal I + D corresponde al sonido original, para la compatibilidad en los receptores monofónicos. La señal L - D es la señal adicional necesaria para realzar el sonido con efecto estéreo.

4.3.- ESTACIONES DE TELEVISION.-

Clasificación de las estaciones.- Una estación de servicio de radiodifusión está constituida por un transmisor y sus instalaciones accesorias requeridas, para la emisión de señales de video y audio.

- 1.- **Estación regional de televisión Clase I.-** Es una estación que radia a una región relativamente grande, en la cual existen ciudades o núcleos importantes de población y varios núcleos secundarios o zonas rurales.
- 2.- **Estación semirregional de televisión Clase II.-** Es la estación que radia a una zona que comprenda a una ciudad y a las poblaciones circunvecinas a ella.
- 3.- **Estación local de televisión Clase III.-** Es una estación que radia su señal a una sola ciudad dentro de la zona urbana.
- 4.- **Estaciones repetidoras.-** Las estaciones repetidoras convierten las frecuencias del canal de una estación a las de otro canal. El propósito es minimizar la interferencia en el servicio de una pequeña zona o área en un pequeño radio de acción de 5 a 15 millas (8 a 14 Km). La salida de potencia es de 1 a 10 W para canales de VHF o hasta 100 W para canales de UHF.

Contornos de intensidad de campo.- En la tabla 4.3 siguiente, se dan los valores específicos de las intensidades medias de campo para las señales de 3 grados de servicio de televisión, correspondientes a cada estación.

CONTORNOS DE RADIACION PARA LAS DIFERENTES ESTACIONES

CLASE DE ESTACION	CANALES					
	2 AL 6		7 AL 13		14 AL 69	
	dBu	$\mu\text{V/m}$	dBu	$\mu\text{V/m}$	dBu	$\mu\text{V/m}$
I	47(1)	224	56(1)	631	64(1)	1,585
II	68(2)	2,511	71(2)	2,548	74(2)	5,011
III	74(3)	5,011	77(3)	7,080	80(3)	10,000

Tabla 4.3

- 1).- Son los contornos de intensidad de campo protegidos de la estación clase I.
- 2).- Son los contornos de referencia para cada grupo de canales, dentro de los que se pueden ubicar sistemas de retransmisión de baja potencia, como minitransmisores, o amplificadores, con la idea de cubrir zonas difíciles o de nula recepción.
- 3).- Son los contornos de intensidad de campo mínimos de radiación de la ciudad principal a servir.

Potencia de las estaciones.- La potencia radiada aparente de transmisión para las diferentes bandas de frecuencia será:

100 W hasta para los canales 2 al 6.
 350 W para los canales 7 al 13.
 5,000 W para los canales 14 al 69.

Sin embargo no debe haber interferencia con las estaciones de servicio no restringidas, los canales que pueden interferir con otros son los siguientes:

- n = Interferencia cocanal.
- n + 1 = Interferencia con el canal adyacente.
- n + 8 = Interferencia por mezclado de FI.
- n + 11 = Interferencia con el oscilador local.
- n + 14 = Interferencia de frecuencia imagen con el sonido.
- n + 15 = Interferencia de frecuencia imagen con la señal de imagen.

4.4.- CARACTERISTICAS DE LOS EQUIPOS TRANSMISORES DE TELEVISION.

4.4.1.- Clasificación de los equipos transmisores.- Las estaciones de televisión pueden emplear uno o más transmisores para la realización de sus transmisiones normales y de emergencia, siempre que cuenten con la autorización correspondiente por parte de la S.C.T.

Potencia del transmisor.- El transmisor que produce la señal AM de imagen tiene generalmente una especificación de potencia máxima de pico de 0.5, 5, 20 o 50 Kw. Sin embargo, la potencia radiada efectiva (ERP) es mucho más alta porque incluye la ganancia de la antena.

El transmisor de audio que produce la señal de FM puede tener una salida de potencia 0.5 a 1.5 veces mayor que la potencia de la señal de imagen. Aunque generalmente, el sonido se puede transmitir con la mitad de potencia que la señal de imagen, con el fin de minimizar la interferencia, la norma indica que la potencia radiada de audio no debe ser menor al 10% ni mayor al 20% de la potencia pico de video.

Los equipos transmisores empleados se clasifican como sigue:

- 1).- **Transmisor principal.**- Equipo transmisor que se utiliza por una estación durante las transmisiones cotidianas.
- 2).- **Transmisor auxiliar.**- Es un equipo auxiliar instalado como respaldo en las mismas instalaciones y con las mismas características de potencia y frecuencia que el transmisor principal.
- 3).- **Transmisor de emergencia.**- Es un transmisor de respaldo pudiendo estar instalado en las mismas instalaciones y de menor capacidad al transmisor principal.

Radiaciones no esenciales.- Las radiaciones no esenciales, abajo de -4.25 MHz y arriba de 7.75 MHz respecto a la frecuencia portadora de imagen, deben mantenerse a un nivel de -60 dB de la señal portadora y en ningún caso exceder de 1 mW de potencia radiada para cualquier tipo de estación.

Tolerancia en potencia.- La potencia de salida del transmisor, puede variar dentro del rango de +10% y -15% de la potencia autorizada.

4.4.2.- Características del transmisor de video.- Las características para el transmisor de video son las siguientes:

Transmisor de video.- La amplitud de una señal de video de forma senoidal de 4.5 MHz referida a la amplitud de una señal senoidal de 200 KHz en la señal radiada deberá ser de -30 dB máxima

Fase diferencial.- La fase diferencial deberá ser inferior a 7° en la frecuencia de 3.579545 MHz, cuando se emplea la región de ráfaga como referencia y la fase diferencial total entre cualquiera de los dos niveles de brillantez no deberá exceder a los 10°.

Tolerancia de frecuencia.- La tolerancia para la frecuencia portadora de imagen es + 1,000 Hz en la transmisión en color y la frecuencia subportadora de croma es 3.579545 MHz + 10 Hz.

Características de amplitud contra frecuencia.- La respuesta del transmisor (amplitud contra frecuencia) entre -0.75 y 4.2 MHz con respecto a la portadora de imagen, deberá ser constante y caer a cero en -1.25 MHz y en + 4.5 MHz respecto a dicha portadora. Las desviaciones máximas que pueden tolerarse con respecto a las características idealizadas de amplitud contra frecuencia son:

AMPLITUD CONTRA FRECUENCIA DENTRO DE UN CANAL DE TV

SEÑALES DETECTADAS DE COLOR		SEÑALES DETECTADAS MONOCROMAS	
dB	MHz	dB	MHz
- 2	0.5	-2	0.5
-2	1.25	-2	1.25
+2	3.58	-3	2
+2	0.1 MHz (respecto a 3.58 MHz)	-6	3
-4	4.18 MHz (respecto a 3.58 MHz)	-12	3.5

Tabla 4.4

Atenuación de bandas laterales.- La intensidad de voltaje de la banda lateral inferior de -1.25 a -4.25 o de la banda lateral superior de $+4.75$ a $+7.75$. debe ser atenuada cuando menos 20 dB respecto a las señales de la portadora de imagen $+200$ KHz y para los transmisores en color la frecuencia de 3.579545 MHz abajo de la portadora de imagen debe ser atenuada cuando menos 42 dB.

Para los transmisores que operan en los canales 14 al 69 y que tengan una potencia máxima de video de 1 Kw o menos, no será necesario atenuar la banda lateral inferior. Solo en el caso de interferencias

4.4.3.- Características del transmisor de audio.- Para el transmisor de audio las características principales son las siguientes:

Tolerancia de frecuencia.- La frecuencia portadora de sonido debe ser 4.5 MHz $+1$ KHz más alta que la frecuencia portadora de imagen.

Nivel de ruido por modulación en amplitud sobre la portadora de audio.- El nivel de los componentes de AM en la portadora de audio será de 40 dB como mínimo abajo del nivel de la portadora sin modulación dentro de la banda de 50 a $15,000$ Hz.

4.5.- ANTENAS.

.- La antena es la parte de un sistema de televisión que se emplea para radiar o recibir ondas electromagnéticas a través del espacio libre. Existen varios tipos de antenas para la recepción de televisión como lo son; el dipolo de media onda, la antena yagi, la logoperiódica, la rómbica, etc.

Potencia radiada aparente.- La potencia suministrada a la antena multiplicada por la ganancia relativa de la antena, en una dirección dada.

Polarización de la antena.- La dirección de polarización de las ondas de radio se define como el plano del campo eléctrico. Generalmente se utiliza polarización horizontal en la banda de VHF porque en estas frecuencias el ruido generado por equipos eléctricos está casi siempre polarizado verticalmente. Actualmente se está cambiando hacia la polarización circular porque es un método que combina la polarización horizontal y la vertical. También se utiliza polarización circular para la señal transmitida en la banda FM de radiodifusión.

Pérdidas.- Las pérdidas máximas tolerables en la línea de transmisión no deberán exceder del 20% de la potencia del equipo para los canales 2 al 13 y de 50% para los canales 14 al 69.

4.5.1.- Dipolo horizontal de media onda.- La antena básica para los transmisores o los receptores en la banda VHF es el dipolo de media onda (de conejo) o antena Hertz.

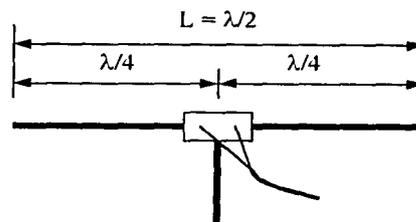


Figura 4.4

La longitud total del dipolo de media onda se puede calcular por:

$$L = 462/f$$

Donde:

L.- Es la longitud en [ft].

f.- Es la frecuencia [MHz].

4.5.2.- Yagi.- Este tipo de antenas tiene una alta ganancia lo que hace que sea la antena de mayor uso en la recepción de la televisión terrestre. Consta de tres elementos principales: el reflector, el dipolo y los directores, el mayor de todos los elementos es el reflector que provoca que la directividad sea mayor hacia el frente (hacia los directores), el dipolo es el único elemento que está energizado o activo y los directores provocan la alta directividad de la antena. El número normal de reflectores y dipolo es de uno, mientras los directores van de 5 a 9 normalmente, entre mayor sea la cantidad de directores mayor será la directividad de la antena. En la figura 4.5 se representa el valor para una antena Yagi de 3 directores.

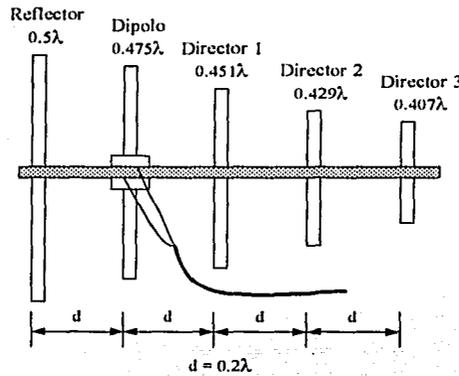


Figura 4.5

Donde:

λ .- Es la longitud de onda [ft].

d.- Es la distancia constante entre los elementos [ft].

4.5.3.- La antena parabólica.- Este es un caso especial, su uso no es especialmente televisión sino para microondas. La antena parabólica es utilizada para la recepción vía satélite y se encuentra definida por el área y la profundidad de la curvatura.

El área de la antena.- Está basado en el diámetro del borde del plato de acuerdo a la ecuación siguiente:

$$A = \left[\frac{\pi D}{2} \right]^2$$

Donde:

A = Área de la antena.

D = Diámetro de la antena.

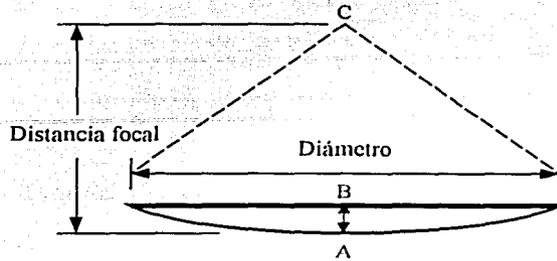


Figura 4.6

Relación foco – diámetro (F/D).- Esta relación entre la distancia focal y el diámetro, nos indica que entre menor sea, menores serán los lóbulos laterales. La F/D se utiliza para clasificar a los platos como profundos ($F/D < 0.3$), medianos ($0.3 > F/D < 0.45$) y bajos ($F/D < 0.45$), siendo los platos más profundos los menos susceptibles al ruido ambiental, lóbulos laterales pequeños y temperaturas de ruido bajas.

$$F/D = \frac{D}{16 AB}$$

Finalmente la ecuación de la parábola es:

$$X = \frac{Y^2}{4D (F/D)} = \frac{Y^2}{4D (D/(16AB))} = \frac{16ABY^2}{4D^2}$$

Donde:

X = Abscisa.

Y = Ordenada.

D = Diámetro de la antena.

F/D = Relación foco diámetro.

Ancho de haz de la antena (3 dB).- Es el ancho del lóbulo principal en donde la potencia ha decaído en un 50% ó 3 dB.

$$\alpha = 70 \frac{\lambda}{D}$$

Donde:

α = Ancho de haz de la antena (grados).

D = Diámetro de la antena (m).

λ = Longitud de onda (m).

Ganancia de la antena.- La ganancia de la antena es la cantidad de señal que es captada por el alimentador, está afectada por el tamaño del plato, la frecuencia y la exactitud del plato parabólico. La eficiencia de la antena es el porcentaje de efectividad de captación de la señal por el plato y el alimentador.

$$Ga = 10 \log \left[\eta \left[\frac{\pi D}{\lambda} \right]^2 \right]$$

Donde:

G_a = Ganancia de la antena (dB).

A = Area de la antena (m).

λ = Longitud de onda (m).

η = Porcentaje de eficiencia de la antena, el valor típico es 0.6.

4.5.- TRANSMISION DE TELEVISION POR SATELITE.

- Las telecomunicaciones por satélite han permitido superar todos los obstáculos terrestres y establecer enlaces de comunicaciones totalmente eficaces. Estas aplicaciones pueden variar desde:

- 1.- Transmisión ocasional o regular de programas de televisión.
- 2.- Transmisión de programas de televisión a estaciones transmisoras regionales de televisión.
- 3.- Distribución de televisión por medio de pequeñas estaciones solo receptoras (TVRO) a centros emisores comunales para la radiodifusión local o para alimentar redes de CATV.

En el sector de los servicios internacionales, la practica actual comprende:

- Transmisión ocasional de televisión programada (intercambio internacional de programas de televisión, transmisión de eventos especiales, deportivos, etc.)
- Arrendamiento a largo plazo de canales de satélite para transmisión de televisión permanente.
- Videoconferencia.

Orbita geoestacionaria. Se utiliza una altura de satélite de 22,300 millas (35,887 Km) a causa de que este radio proporciona una órbita geoestacionaria o sincrona. El tiempo de recorrido de una órbita es exactamente igual a las 24 horas de una rotación de la Tierra alrededor de su eje. En consecuencia, se verá todo el tiempo el satélite estacionario con respecto a la tierra; para esto se definieron tres áreas definidas por la ITU que son las siguientes:

Región I.- de 31° E a 56° W.

Región II.- de 57° W a 148° W.

Región III.- de 170° W a 40° E.

Frecuencias de las señales ascendentes y descendentes. Se utilizan las microondas para dirigir con exactitud las señales de radio a un satélite distante. Las frecuencias son del orden de GHz. Las frecuencias específicas son las siguientes:

Señal de ida o ascendente = 5.9 a 6.4 GHz.

Señal de vuelta o descendente = 3.7 a 4.2 GHz.

Esto es conocido como banda C.

El satélite tiene de 12 a 15 transpondedores para canales separados, cada transpondedor convierte la señal de ida en una señal de vuelta solamente para la estación de tierra receptora de TV (TVRO). La salida de potencia es de 5 a 8.5 W.

Canales del transpondedor.- Los satélites de televisión normalmente tienen 12 transpondedores para transmitir diferentes canales. La televisión utiliza las dos polaridades horizontal y vertical, lo que provoca que se transmitan 24 canales de televisión.

La estación receptora terrestre.- El principal elemento de estas estaciones, es la antena receptora constituida por el plato y el amplificador de bajo ruido (LNA), ya que el satélite transmite a muy baja potencia aproximadamente 5 W. La ganancia de la antena es normalmente 1,000 para una potencia radiada efectiva (ERP) de 5,000 W. Suponiendo una pérdida de 196 dB en la transmisión, en el receptor la señal sólo es de 1.2×10^{-6} W. Empleando un gran reflector de antena que da una ganancia de 10,000 y un amplificador especial de bajo ruido (LNA) para la señal de microondas, la estación puede recibir las señales del satélite.

Para las frecuencias de la señal de vuelta o descendentes de aproximadamente 4 GHz, la antena mide aproximadamente 3.0 a 3.7 m de diámetro.

Satélites de difusión directa (DBS Direct Broadcast Satellite).- Este tipo de transmisión por satélite envía la señal directamente al usuario evitando las estaciones repetidoras o las redes de distribución por cable. Las frecuencias utilizadas para DBS son más altas, desde 17.3 a 17.8 GHz para las señales de subida y 12.2 a 12.7 GHz para las de bajada. La compañía COMSAT tiene 20 canales, con un ancho de banda de 25 MHz que se utilizan para difundir la televisión en áreas rurales y con características como televisión de alta definición y teletexto.

CARACTERISTICAS DE LA TRANSMISION DE TELEVISION POR SATELITE

APLICACION	BANDA DE FRECUENCIAS (GHz)	ANCHO DE BANDA (MHz)	P.I.R.E. (dBW)	SEGMENTO TERRESTRE	CALIDAD DE VIDEO (S/N) (dB)
Transmisión de televisión a larga distancia	6/4	30	22	G/T = 31.7 dB/ K antena = 11 m	44/47
		17.5	18	antena = 11 m G/T = 28.7 dB/ K	41.5/43
	G/T = 28.7 dB/ K antena = 7 m			44	
Distribución de televisión	6/4	30	25	G/T = 22.7 dB/ K antena = 4.5 m	48
			34	G/T = 22.7 dB/ K antena = 4.5 m	45 a 50
	14/11-12	30	41	G/T = 25 dB/ K antena = 3.5 m	45 a 50
			45	G/T = 21 dB/ K antena = 2 m	45 a 50

Tabla 4.5

Amplificador de bajo ruido (LNA).- Es un dispositivo instalado en el foco de la parábola; recibe la señal del satélite a muy baja potencia y acompañada de ruido en una proporción elevada. Es un hecho que todo amplificador entre más caliente esté, más ruido genera.

Para reducir este problema, se ha desarrollado una tecnología llamada "amplificador de bajo de ruido". Con la cual un amplificador se mantiene virtualmente frío, aunque en realidad está caliente. Con esto se logra que la cifra de ruido sea lo más favorable posible y se obtiene de la siguiente manera:

$$NF = 10 \log \frac{\left(\frac{P_s}{P_n}\right)_{Entrada}}{\left(\frac{P_s}{P_n}\right)_{Salida}} \quad (\text{dB})$$

Donde:

NF = Cifra de ruido (dB).

Ps = Potencia de la señal (W).

Pn = Potencia del ruido (W).

Otra especificación relacionada con lo anterior es la temperatura de ruido.

Temperatura de ruido.- Es la temperatura a la cual cierto dispositivo trabaja de manera ideal sin introducir ruido en la señal procesada. Este factor entre menor sea mejor tendrá su relación señal a ruido y el ruido no interferirá en la señal de imagen. La temperatura de ruido ideal variará de acuerdo al dispositivo y a la frecuencia que a la cual se esté operando. Una forma de calcular el ruido para las antenas parabólicas es:

$$T = \frac{P}{K\Delta f}$$

Donde:

T = Temperatura de ruido de la antena (K).

P = La potencia de ruido en la entrada del receptor (dB).

K = La constante de Boltzman (dB/ K-Hz).

Δf = El ancho de banda (Hz).

Relación señal/ruido para televisión.- La relación señal/ruido (S/N) no es el único factor que debe tenerse en cuenta para evaluar la calidad subjetiva de la transmisión de televisión. En particular, debe considerarse el ruido de sobreexcursión.

El ruido sobreexcursión.- Este es un tipo de ruido que se nota en la imagen de televisión como puntos horizontales pequeños. El ruido de sobreexcursión se produce siempre que se elige un filtro FI de banda relativamente estrecha.

Debido a esto, la frecuencia de la señal FI instantánea entra en la región, atenuada del filtro de FI y la relación C/N se reduce temporalmente por debajo del umbral, produciendo picos de ruido impulsivo.

Las principales características de un enlace por satélite son:

- 1.- Un margen suficiente de la relación C/N por encima del umbral del demodulador.
- 2.- Una relación C/N satisfactoria, es decir, una ganancia de modulación suficiente.
- 3.- Un bajo nivel de ruido de sobreexcursión.

La relación S/N para TV en FM en dB, se obtiene de la siguiente manera:

$$\left(\frac{S}{N}\right)_w = \frac{C}{N} + 10 \log \left(\frac{3(r_1 \Delta F p)^2}{f^3} \right) B_{RF} + P + W$$

Y con respecto a la densidad de ruido:

$$\left(\frac{S}{N}\right)_w = \frac{C}{N_0} + 10 \log \left(\frac{3(r_1 \Delta F p)^2}{f^3} \right) + P + W$$

Donde:

$(S/N)_w$.- Relación entre la amplitud nominal de la señal de luminancia y la amplitud cuadrática media del ruido medido, después de la limitación de banda y de la ponderación con una red especificada (dB).

C/N.- Relación portadora/ruido en la anchura de banda de radiofrecuencia (BRF) [dB].

C/N₀.- Relación portadora/densidad de ruido [dBHz] con:

$$N = N_0 B_{RF} \quad N_0 = KT$$

r₁. Relación entre la amplitud pico a pico de una señal de video compuesta monocroma y la amplitud de la señal de luminancia (0.7 para los sistemas 525/60 y 0.714 para los de 625/50).

ΔF_p.- Excursión de pico de la frecuencia a 15 KHz.

f.- Frecuencia superior de la banda de base [Hz].

p.- Mejora por acentuación [dB].

w.- Factor de ponderación [dB].

Para la medición de $(S/N)_w$, la anchura de banda se ha unificado para todos los sistemas de televisión en 5 MHz, por lo tanto, la ecuación puede simplificarse del modo siguiente:

$$\left(\frac{S}{N}\right) = -196.2 + \frac{C}{N_0} + 20 \log(r_1 \Delta F p) + p + w \text{ [dB]}$$

Modos de transmisión de televisión.- Existen dos modos de transmisión en difusión directa por satélite que son: el modo de transpondedor completo con un ancho de banda de 36 MHz y un modo de medio transpondedor con 17.5 Mhz. En el modo de medio transpondedor la calidad de transmisión es menor con cierto ruido de sobreexcursión, pero es el modo que más se utiliza porque se pueden transmitir simultáneamente dos canales de televisión en un solo transpondedor.

En la tabla 4.6 se muestran los parámetros de transmisión de televisión para los dos modos de transmisión en un sistema típico por satélite.

MODOS DE TRANSMISION DE TELEVISION POR SATELITE PARA EL SISTEMA NTSC

CONCEPTO	MODO DE TRANSPONDEDOR COMPLETO	MODO DE MEDIO TRANSPONDEDOR
Norma de Televisión.	525/60	525/60
Ancho de banda del video.	4.2	4.2
Excursión de Frecuencia de pico a 15 KHz (con preacentuación DF_{PI} MHz)	6.8	4.75
Ganancia diferencial	10%	10%
Fase diferencial	$\pm 3^\circ$	$\pm 4^\circ$
Recepción por una estación de 11 m. Anchura de banda del receptor (B_{RF})	22 a 30	15.75
Relación portadora/ruido total C/N (dB) ángulo de elevación 10°	11.3 (10°)	12 (55°)

Tabla 4.6

Calidad de la señal.- La calidad de transmisión de televisión a larga distancia (terrestre/o por satélite), debe tener una relación S/N igual o mayor a 53 dB durante el 99% del tiempo y a 45 dB durante el 99.9%.

VALORES TIPICOS DE TRANSMISION DE TELEVISION POR SATELITE (INTELSAT)

SISTEMA	TRANSPONDEDOR COMPLETO (dB)	MEDIO TRANSPONDEDOR (dB)
525 líneas / 60 Hz	53.3	48.7
625 líneas / 50 Hz	50.1	47.1

Tabla 4.7

Las imágenes de televisión tienen muy buena calidad debido a que se transmiten por FM y la imagen no tiene ruido o interferencia, además el canal tiene un ancho de banda de 30 MHz del transpondedor, que hace que la señal llegue a la estación terrestre y sea convertida a la señal estándar de TV de 6 MHz.

La calidad y la relación portadora ruido.- La calidad de la imagen con respecto a la relación portadora a ruido de una señal de televisión, se puede resumir como la indica la tabla 4.8.

CALIDAD DE LA SEÑAL DE TELEVISION

RELACION SEÑAL PORTADORA A RUIDO C/N (dB)	CARACTERISICAS DE LA IMAGEN
4	Extremadamente ruidosa, audio con ruido, desgarrada.
6	Aceptable pero con puntos.
8	En el umbral de aceptación con pocos puntos.
10	Buena calidad de imagen.
12	Calidad de central de CATV.
16	Calidad de transmisión local terrestre.
18	Calidad excelente.

Tabla 4.8

CAPITULO

V

SISTEMAS Y ESTANDARES DE TELEVISION

SISTEMAS Y ESTANDARES DE TELEVISION

5.1.- SISTEMAS DE TELEVISION.

- Históricamente, el número de líneas utilizadas en la transmisión de televisión ha variado entre las 405 líneas utilizadas en el Reino Unido para la televisión en blanco y negro, hasta el sistema de 819 líneas usado en Francia. Actualmente ninguno de esos dos sistemas está en operación.

La transmisión monocromática comenzó en Gran Bretaña en 1936 con 405 líneas. En 1957 Estados Unidos creó el sistema NTSC optando por la compatibilidad cuando se desarrolló la televisión de color, sistema donde se debían enviar las dos señales (monocromática y color) en la misma señal para que los televidentes no tuvieran que cambiar sus aparatos receptores y esto fuera un éxito comercial. En 1967, se introdujo el sistema europeo muy parecido al sistema NTSC el cual es un estándar de color de 625 líneas llamado PAL.

En la actualidad existen tres sistemas de mayor uso en el mundo:

El sistema americano NTSC (National Television Systems Committee).

El sistema europeo PAL (Phase Alternating Line).

El sistema francés con la antigua Unión soviética SECAM (Système Électronique pour Couleur avec Mémoire).

El sistema NTSC usa 525 líneas (entrelazado) mientras ambos PAL y SECAM usan 625 líneas. En el sistema NTSC la velocidad de cuadro es la frecuencia de la línea 60 Hz, mientras que en los sistemas PAL y SECAM la velocidad de cuadro también es la frecuencia de la línea de la energía que en esos países es de 50 Hz.

Más de la mitad de los países en el mundo utilizan los sistemas PAL o SECAM, debido al predominio en el mundo de las colonias europeas y también por la definición de las regiones por satélite (DBS) para la transmisión de televisión que son:

Región 1.- Europa, la antigua URSS y el norte de Africa.

Región 2.- América.

Región 3.- Australia y el oriente lejano.

El sistema PAL se utiliza en Europa, la mayoría de Asia, Africa, y parte de Sudamérica (Argentina, Brasil, Uruguay y Paraguay). Aunque es adoptado con ciertas diferencias; por ejemplo la ubicación de la portadora de sonido en el canal de televisión; esto muchas veces por conveniencia, ya que para algunos países significa la protección de su soberanía o mantener su independencia cultural.

El sistema SECAM se utiliza básicamente en Francia y los países que antes pertenecían a la antigua Unión Soviética.

Todos estos sistemas utilizan la misma definición de luminancia ($Y = 0.30R + 0.59G + 0.11B$) y la misma relación de aspecto de 4 unidades horizontales por 3 unidades verticales ó 1.33.

5.2.- DIFERENCIAS ENTRE LOS SISTEMAS DE TELEVISION.

- Las diferencias entre los tres sistemas son principalmente:

- El número de líneas horizontales en la imagen.
- La velocidad de cuadro y campo.
- El ancho de banda de transmisión del canal.
- La transmisión de audio y video en AM o FM.

Existe en el sistema PAL un parpadeo o flicker, efecto que se presenta debido a que la imagen de televisión se representa de forma discontinua, esto se debe a la frecuencia de 50 cuadros por segundo.

Algunas de las diferencias se pueden apreciar en la tabla comparativa (tabla 5.1) entre los diferentes sistemas de televisión:

CUADRO COMPARATIVO DE SISTEMAS DE TELEVISION

CONCEPTO	NTSC	PAL	PAL	SECAM +	SECAM
Número de Líneas por Cuadro.	525	625	625	625	625
Cuadros por segundo.	30	25	25	25	25
Frecuencia de campo(Hz).	60	50	50	50	50
Frecuencia de línea (Hz).	15,750	15,625	15,625	15,625	15,625
Ancho de banda del video (MHz).	4.2	5 ó 6	5.5	6	6
Ancho de banda del canal (MHz).	6	7 u 8	8	8	8
Modulación del video.	Negativa	Negativa	Negativa	Positiva	Negativa
Señal de sonido.	FM	FM	FM	AM	FM
Sistema de color.	NTSC	PAL	PAL	SECAM	SECAM
Subportadora de color (MHz).	3.58	4.43	4.43	4.43	4.43
Países que lo utilizan:	América y Japón excepto Argentina, Brasil, Paraguay y Uruguay.	Europa occidental, Italia, Alemania y España.	Inglaterra	Francia	U.R.S.S.

Tabla 5.1

De la tabla se puede pensar que las 100 líneas extra en los sistemas PAL y SECAM permiten mayor detalle y claridad en la imagen de video, pero los 50 cuadros por segundo, comparados contra los 60 cuadros por segundo del sistema NTSC producen cierto "parpadeo" a veces evidente que no es apreciable en el sistema NTSC.

La comparación con respecto a la resolución de la imagen de los diferentes sistemas se puede apreciar en la cantidad de líneas activas o visibles contra la resolución horizontal como se indica en la tabla 5.2:

CUADRO COMPARATIVO DE SISTEMAS DE TELEVISION

Sistema	Líneas	Líneas activas	Resolución vertical	Aspecto de radio	Resolución horizontal	Resolución aproximada	Frecuencia de cuadro
NTSC	525	483	242	4/3	426	205,578	29.94
PAL	625	575	290	4/3	425	244,375	25
SECAM	625	575	290	4/3	465	267,375	25

Tabla 5.2

Obviamente, debido a algunas diferencias mostradas en las tablas 5.1 y 5.2, existen también otras diferencias para la transmisión de la televisión. Como se puede notar en la tabla 5.3, los sistemas también tienen diferencias en los niveles de voltaje para reproducir la señal de video en los receptores. Los valores para los tres sistemas son:

CUADRO COMPARATIVO DE NIVELES DE VOLTAJE Y CORRIENTE

SISTEMA	NIVELES DE SALIDA EN VIDEO	V	CORRIENTE EN mA. (75 W)	CORRIENTE EN mA. (37.5 W)
NTSC (RS-343-A)	REFERENCIA DEL BLANCO	0.714	9.52	19.1
	REFERENCIA DEL NEGRO(10 IRE)	0.071	0.952	1.89
	NIVEL DE NEGRO	0.00	0.00	0.00
	NIVEL DE SINCRONIA	-2.86	-3.81	-7.63
PAL	REFERENCIA DEL BLANCO	0.714	9.52	19.1
	REFERENCIA DEL NEGRO(10 IRE)	0.00	0.00	0.00
	NIVEL DE NEGRO	0.00	0.00	0.00
	NIVEL DE SINCRONIA	-0.307	-3.81	-7.63
SECAM	REFERENCIA DEL BLANCO	0.714	9.52	19.1
	REFERENCIA DEL NEGRO(10 IRE)	0.049	0.653	1.30
	NIVEL DE NEGRO	0.00	0.00	0.00
	NIVEL DE SINCRONIA	-0.307	-4.09	-8.19

Tabla 5.3

Las diferencias entre estos sistemas en los niveles de IRE de la amplitud de la señal, se muestran en la tabla 5.4:

CUADRO COMPARATIVO DE NIVELES DE IRE

NIVELES DE VIDEO	NTSC	PAL	SECAM
Nivel de blanco	0	0	0
Blanco de referencia	100	100	100
Nivel de sincronía	-40	-43	-43
Referencia del nivel de negro al nivel del blanco	5-10	0	0 COLOR 0-7 MONOCROMATICO

Tabla 5.4

De lo anterior se puede apreciar que los sistemas PAL y SECAM fueron diseñados sobre las bases del NTSC pero tratando de evitar sus defectos. Ambos sistemas emplean las mismas señales ($B - Y$) y ($R - Y$) como señal de color en lugar de las señales I y Q del sistema NTSC, pero mientras el PAL hace una sencilla modificación en el signo de la señal $B - Y$ que es transmitida en cada línea, el SECAM hace una transmisión secuencial de estas señales diferencia línea a línea, y la señal de color transmitida en FM siendo esto diferente al sistema NTSC.

El sistema PAL.- Este sistema fue desarrollado en Alemania y los principios de codificación de color para el sistema PAL son casi lo mismo que en el sistema NTSC; es por eso que su distribución de frecuencias en el canal es similar pero la transmisión se realiza con las señales de diferencia de color. En el sistema PAL, la fase de la señal $R - Y$ es invertida 180° línea a línea. Esto permite reducir errores de color que ocurren con la amplitud y la distorsión de la modulación del color de las bandas laterales durante la transmisión. El burst consiste en diez ciclos de subportadora de color y cambia de $+$ a -45° cerca del eje $U (B - Y)$; esto produce el cambio de fase de 180° requerido.

Las componentes de las señales $U (B - Y)$ y $V (B - Y)$ en el sistema PAL tiene el mismo ancho de banda que las componentes I y Q en el sistema NTSC. Ambas señales U y V son aproximadamente de 1.3 MHz de ancho de banda.

El sistema SECAM.- El sistema SECAM desarrollado en Francia y actualmente en uso, es el sistema SECAM III. Existe un sistema SECAM IV pero nunca llegó a utilizarse. En el sistema SECAM las señales $R - Y$ y $B - Y$ son transmitidas alternadamente cada línea; cualquier línea tendrá información $R - Y$ en el primer cuadro y $B - Y$ en el segundo (Figura 5.1). Además, la información $R - Y$ y $B - Y$ es transmitida en diferentes subportadoras. La subportadora $B - Y$ es de 4.25 MHz y la subportadora de $R - Y$ esta en 4.4 MHz (figura 5.2). Las máximas desviaciones de frecuencias posibles para la señal $R - Y$ son -506 KHz y $+350$ KHz y para la señal $B - Y$ es -350 KHz y $+506$ KHz.

Para sincronizar la alternación de las señales $R - Y$ y $B - Y$, las señales de sincronía son provistas para 9 líneas durante el intervalo de borrado siguiendo los pulsos de equalización después de la sincronía vertical. Esto hace un sistema muy robusto y que no utiliza el burst de color en el pedestal posterior.

El sistema SECAM para formar una imagen completa requiere 2 cuadros y 4 campos entrelazando campo con campo y línea a línea.

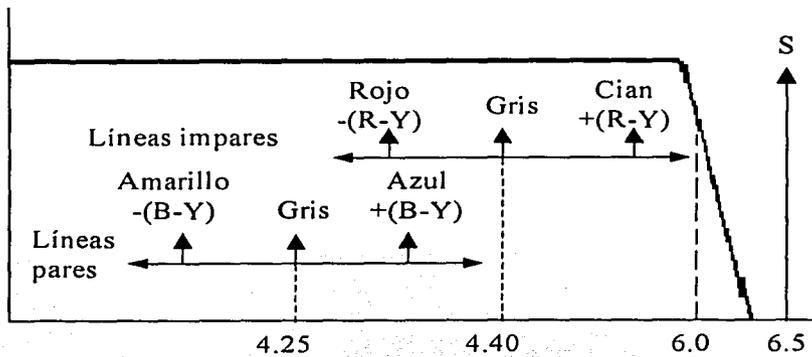


Figura 5.1

En la tabla 5.5 se muestran el cambio en el ángulo de fase de la señal de video y el cambio en la señal de crominancia en el sistema SECAM entre líneas pares y nones.

ENTRELAZADO DE LINEAS ALTERNADO Y CAMBIO DE FASE EN EL SISTEMA SECAM

CAMPO	LINEA	SEÑAL DE COLOR	ANGULO DE LA SUBPORTADORA
Non (1)	n	$R-Y$	0°
Par (2)	n+313	$B-Y$	180°
Non (3)	n+1	$B-Y$	0°
Par (4)	n+314	$R-Y$	0°
Non (5)	n+2	$R-Y$	180°
Par (6)	n+315	$B-Y$	180°
Non (7)	n+3	$B-Y$	0°
Par (8)	n+316	$R-Y$	180°
Non (9)	n+4	$R-Y$	0°
Par (10)	n+317	$B-Y$	0°
Par (11)	n+5	$B-Y$	180°
Non (12)	n+318	$R-Y$	180°

Tabla 5.5

Diferencias en la carta CIE.- La percepción de estos colores fue medida en diferentes personas con los colores primarios (azul en 435.8 nm, verde en 546.1 nm y rojo 700 nm). Estas percepciones fueron medidas y dibujadas en una carta X - Y, en donde el color blanco es la parte central de la misma llamado diagrama de cromaticidad CIE (International Commission on Illumination). Este diagrama es una forma de cuantificar la naturaleza del trireceptor de la visión humana.

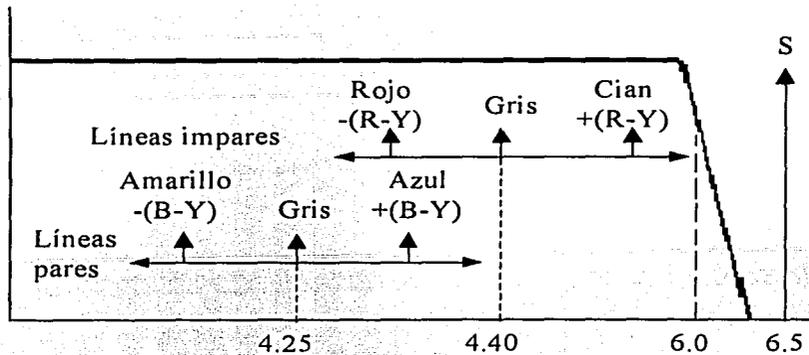


Figura 5.1

En la tabla 5.5 se muestran el cambio en el ángulo de fase de la señal de video y el cambio en la señal de crominancia en el sistema SECAM entre líneas pares y nones.

ENTRELAZADO DE LINEAS ALTERNADO Y CAMBIO DE FASE EN EL SISTEMA SECAM

CAMPO	LÍNEA	SEÑAL DE COLOR	ANGULO DE LA SUBPORTADORA
Non (1)	n	$R-Y$	0°
Par (2)	n+313	$B-Y$	180°
Non (3)	n+1	$B-Y$	0°
Par (4)	n+314	$R-Y$	0°
Non (5)	n+2	$R-Y$	180°
Par (6)	n+315	$B-Y$	180°
Non (7)	n+3	$B-Y$	0°
Par (8)	n+316	$R-Y$	180°
Non (9)	n+4	$R-Y$	0°
Par (10)	n+317	$B-Y$	0°
Par (11)	n+5	$B-Y$	180°
Non (12)	n+318	$R-Y$	180°

Tabla 5.5

Diferencias en la carta CIE.- La percepción de estos colores fue medida en diferentes personas con los colores primarios (azul en 435.8 nm, verde en 546.1 nm y rojo 700 nm). Estas percepciones fueron medidas y dibujadas en una carta X - Y, en donde el color blanco es la parte central de la misma llamado diagrama de cromaticidad CIE (International Commission on Illumination). Este diagrama es una forma de cuantificar la naturaleza del trireceptor de la visión humana.

La figura 5.2 muestra la carta CIE y los valores de referencia para el sistema NTSC.

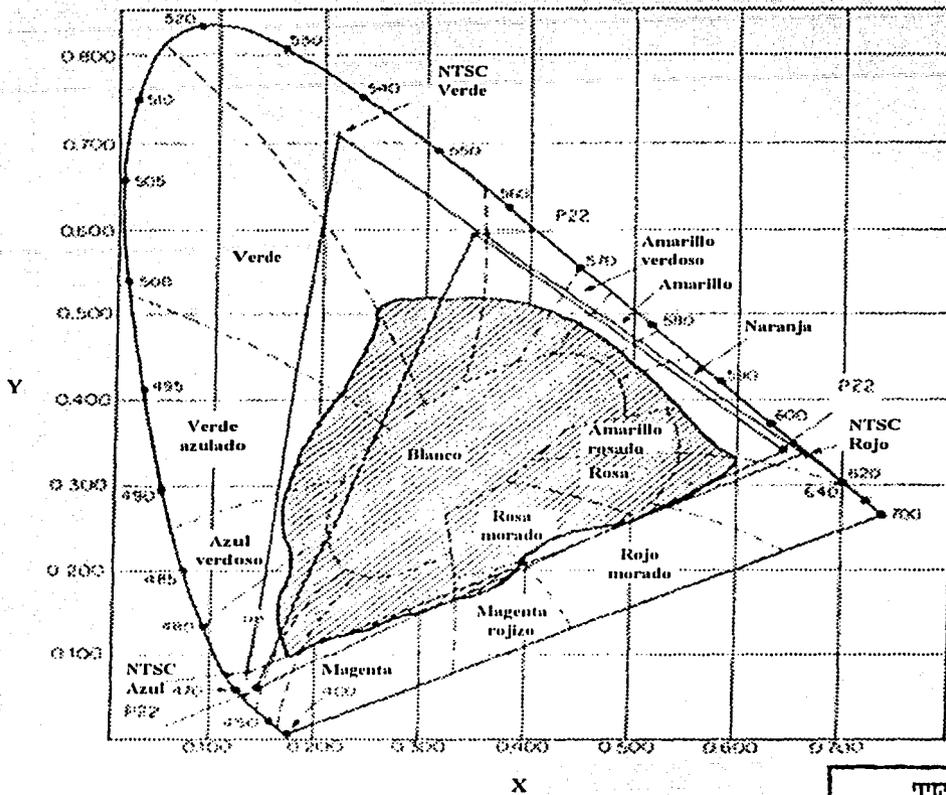


Figura 5.2

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Existen diferencias entre los diferentes sistemas PAL, SECAM y NTSC en las tonalidades que son adoptadas como niveles de referencia para el ajuste de la colorimetría de cada sistema. Las diferencias de acuerdo la carta CIE para los diferentes sistemas de televisión se muestran en la tabla 5.6, donde se observa que los ajustes en los diferentes sistemas son más grandes en el color verde, color con el que muchas veces se ajustan las cámaras sobre todo en cuestiones deportivas. Es por eso que los programas de diferentes países presenten colores más tenues o más contrastantes que los programas locales.

DIFERENCIAS PARA LOS DIFERENTES SISTEMAS EN LA CARTA CIE.

COLOR	NTSC		PAL/SECAM	
	X	Y	X	Y
ROJO	0.67	0.33	0.64	0.33
VERDE	0.21	0.71	0.29	0.60
AZUL	0.14	0.08	0.15	0.06
BLANCO	0.310	0.316	0.313	0.329

Tabla 5.6

Conversión entre sistemas.- La existencia de distintos sistemas de televisión implica que el intercambio de programación no puede hacerse de manera directa y esto lo hace un poco complicado. Aunque actualmente con la tecnología digital, es un proceso simple y limpio ya que para la conversión de programas existen televisores y videograbadores *multi-estándar* que permiten cambiar los formatos de una manera muy simple entre uno y otro sistema.

La conversión de PAL y SECAM hacia la velocidad por cuadro del cine se realiza de manera simple, dado que de los 25 cuadros por segundo a los 24 cuadros por segundo del estándar internacional para cine es una diferencia mínima. En NTSC una película de 24 cuadros por segundo debe ser convertida a 30 cuadros. Esto normalmente se hace barriendo por duplicado (escaneando) algunos fotogramas de la película a intervalos cíclicos.

5.3.- NUEVOS SISTEMAS EN DESARROLLO.

- Existen actualmente varios sistemas en desarrollo; en América y Japón se ha optado por la HDTV; en Europa se están desarrollando dos sistemas basados en mejoras de los actuales sistemas, en espera de que Estados Unidos o Japón desarrollen un sistema de HDTV y después adaptarlo o modificarlo como se hizo en el pasado. Los dos sistemas europeos en desarrollo son:

a).- El sistema MAC

Este sistema se desarrolló con la idea de que cada equipo receptor recibiera la señal vía satélite como es el caso de DBS convirtiendo la señal de FM en GHz a la banda de UHF en AM para que la señal pueda ser demodulada por los receptores convencionales.

El sistema MAC/ o de paquetes (Multiplexed Analog Components) consiste en transmitir de manera secuencial y separada las componentes de luminancia y crominancia de cada línea, por medio de la multiplexación en el tiempo. Los principales problemas de los sistemas actuales provienen de la compartición de frecuencias por las señales de luminancia y de color, el sistema MAC no tiene estos problemas debido a la transmisión separada de ambas componentes lo que da una mayor calidad comparado con los sistemas convencionales. Con un barrido de 625 líneas en 64 μ s, con el sentido de tener compatibilidad con los sistemas actuales europeos, en estos 64 μ s, secuencialmente se transmite la información de luminancia muestreada a 13.5 MHz, la información de crominancia muestreada a 6.75 MHz, la señal de sincronismo, la señal de audio y los datos que van incluidas en una señal digital al principio de cada línea. Este sistema tiene una relación de aspecto 16/9 pero con la idea de que los receptores actuales con relación de aspecto de 4/3 también puedan representar las imágenes adecuadamente.

El ruido presente en el sistema está distribuido por todo el rango del canal lo que hace que la señal de video sea más insensible a este que los sistemas tradicionales. El ancho de banda de la señal de luminancia es de 5.6 MHz y de 2.8 MHz para la crominancia. Estas señales digitales son comprimidas para la transmisión, comprimiéndose la señal de luminancia en factor de 3:2 y 3:1 para la de crominancia.

El bloque de transmisión de datos en el sistema MAC es como se indica en la siguiente figura 5.3:

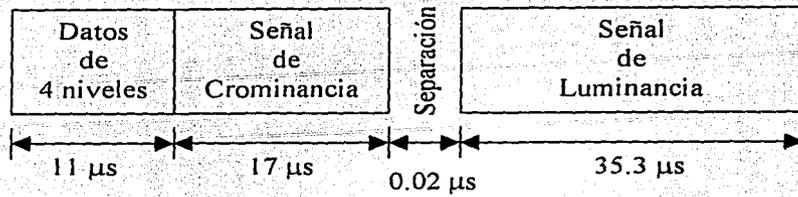


Figura 5.3

Este sistema diseñado para transmisión vía satélite, tiene muchas ventajas, así que es muy posible que se utilice en un sistema de radiodifusión terrestre.

El proyecto tenía el objetivo de desarrollar un sistema de alta definición o HDTV, que se basa en emplear 1,250 líneas de pantalla, el doble que PAL pero por motivos de compatibilidad se desarrolló en 625 líneas. En 1986 la European Broadcasting Union aprueba este formato para las emisiones vía satélite, pero pocas emisoras lo utilizan por su costo más elevado que el sistema PAL; esto a nivel del receptor. Una de las herencias del sistema MAC fue el desarrollo del sistema de sonido digital Nicam actual.

b).- El sistema PALPLUS

Existe un nuevo sistema con la idea de satisfacer la conversión de la trama de la imagen de la televisión; las características principales de este sistema son:

- Mejor definición en la imagen, es decir, superar las 625 líneas de la televisión clásica europea.
- Mejor calidad de sonido; sonido estéreo con más respuesta en frecuencia.
- Relación de aspecto mayor; pasar de una relación de 4:3 a 16:9
- Procesado digital de imagen.
- El formato de transmisión es de pantalla ancha 16/9 al tiempo que mantiene una alta compatibilidad con las transmisiones y con los receptores PAL.
- Poder operar en dos modos diferentes: modo film, usado cuando la imagen de origen es una película (resolución temporal limitada a 24 imágenes por segundo) y modo cámara, cuando la fuente de origen es video con 50 Hz.

Con una señal 625/50/2:1 con digitalización 4:2:2 y 575 líneas activas por cuadro, se lleva a cabo en primer lugar una conversión a cuadros compatibles con el formato 4:3; para ello, es necesario submuestrear por un factor de 3/4 con lo que se obtiene una señal de 432 líneas activas. Las 144 líneas correspondientes a las bandas negras se utilizan para la transmisión de la "ayuda vertical". El submuestreo implica un filtrado paso bajo. Para evitar la pérdida de información se introduce un filtro paso alto de igual frecuencia que genera a su salida una señal conocida como "ayuda vertical".

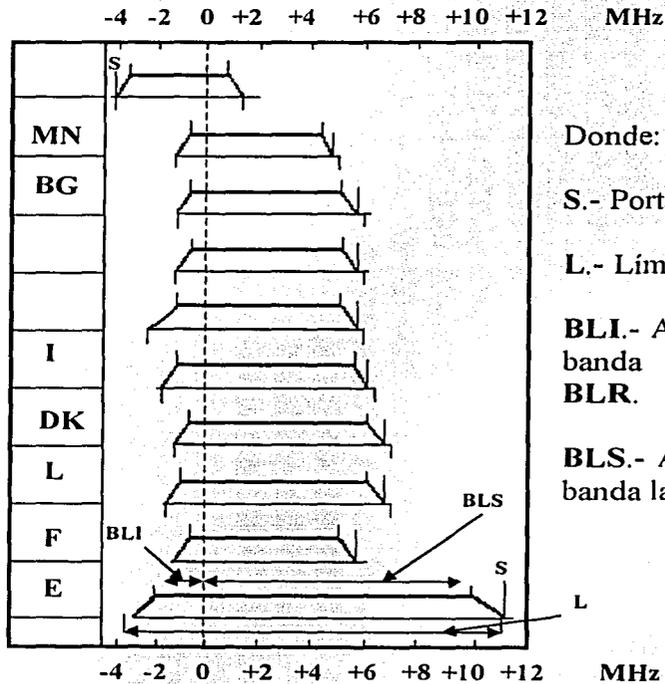
Con el fin de reducir la interferencia entre las señales de luminancia y croma que se presenta en PAL, se introduce una técnica de codificación y decodificación conocida como "Motion Adaptive Colour Plus". En modo film se conoce como Color Plus Fijo, debido a que utiliza codificación intra-cuadro.

La digitalización 4:2:2, significa que son sistemas cuyas frecuencias de muestreo están relacionadas con la frecuencia de subportadora de color (f_{sc}), la notación 4:2:2 indica que la luminancia se ha muestreado a $4 \cdot f_{sc}$ y las señales de color a $2 \cdot f_{sc}$.

En 1993 algunos fabricantes de receptores propusieron el PAL Plus para introducir receptores con relación de aspecto 16:9 en vez de los actuales 4:3. Unas pocas emisoras utilizan este estándar incentivadas por la Comisión Europea como puente tecnológico hacia la HDTV.

5.4.- ESTANDARES DE TELEVISION

.- Existen dentro de los diferentes sistemas PAL, SECAM y NTSC, algunas variaciones adoptadas por los países y que se utilizan para evitar una dependencia tecnológica con los países inventores.



Donde:

S.- Portadora de sonido.

L.- Límites de RF del canal.

BLI.- Ancho de banda de la banda lateral inferior en BLR.

BLS.- Ancho de banda de la banda lateral superior.

Figura 5.4

La figura anterior (5.4) muestra las diferencias relativas con respecto al ancho de banda para los diferentes estándares.

En la tabla 5.7, se presentan los diferentes estándares existentes en el mundo y la tabla 5.8 muestra el estándar utilizado en cada país:

CUADRO COMPARATIVO ENTRE ESTANDARES EN EL MUNDO

Al hablar de un estándar de televisión, nos encontramos con que el CCIR tiene definidos varios estándares de televisión diferentes, en la tabla 5.6 a continuación se muestran las diferencias.

CONCEPTO	A	M	N	B	C	G	H	I	D, K	L	F	E
Líneas/Cuadro	405	525	625	625	625	625	625	625	625	625	819	819
Campos/Segundo	50	60	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50
Entrelazado	2/1	2/1	2/1	2/1	2/1	2/1	2/1	2/1	2/1	2/1	2/1	2/1
Cuadros/Segundo	25	30	-	25	25	25	25	25	25	25	25	25
Líneas/Segundo	10,125	15,750	-	15,625	15,625	15,625	15,625	15,625	15,625	15,625	20,475	20,475
Relación de Aspecto	4/3	4/3	-	4/3	4/3	4/3	4/3	4/3	4/3	4/3	4/3	4/3
Banda de Video (MHz)	3	4.2	4.2	5	5	5	5	5.5	6	6	5	10
Banda de RF (MHz)	5	6	6	7	7	8	8	8	8	8	7	14
Polaridad	+	-	-	-	+	-	-	-	-	+	+	+
Modulación de Sonido	A3	F3	-	F3	A3	F3	F3	F3	F3	F3	A3	A3
Preénfasis en (ms).	-	75	-	50	50	50	50	50	50	-	50	-
Desviación (KHz)	-	25	-	50	-	50	50	50	50	-	-	-
Señal Gamma de Color.	0.45	0.45		0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.6

Tabla 5.7

Los estándares franceses de 819 líneas (F y E) actualmente ya no están en funcionamiento, al igual que el estándar "A" de 405 líneas que fue utilizado en el Reino Unido hasta 1985.

ESTANDARES DE TELEVISION EN EL MUNDO

PAIS	ESTANDAR USADO	PAIS	ESTANDAR USADO	PAIS	ESTANDAR USADO
Afganistán	D, / SECAM	Congo	K / SECAM	Guinea	K / SECAM
Albania	B, G / PAL	Corea	M / NTSC, C, L	Guinea Ecuatorial	B, G / PAL
Alemania	B, G / PAL	Corea del Norte	D, K / PAL	Haití	M / NTSC
Alemania (RDA)	B, G / SECAM	Costa de Marfil	K / SECAM	Holanda	B, G / PAL
Angola	I / PAL	Costa Rica	M / NTSC	Honduras	M / NTSC
Antillas Holandesas	M / NTSC	Cuba	M / NTSC	Hong Kong	B, I / PAL
Argelia	B, G / PAL	Chad	K / SECAM	Hungría	D, K / SECAM
Arabia Saudita	B, G / SECAM	Checoslovaquia	D, K / SECAM	India	B, G / PAL
Argentina	N / PAL	Chile	M / NTSC	Indonesia	B, G / PAL
Australia	B, G / PAL	China	D / PAL	Irán	B, G / SECAM
Austria	B, G / PAL	Chipre	B, G / SECAM	Iraq	B, G / SECAM
Bahrein	B, G / PAL	Dinamarca	B, G / PAL	Irlanda	I / PAL
Bangladesh	B, G / PAL	Djibouti	K / SECAM	Isla Mauricio	B, G / SECAM
Bélgica	B, G / PAL, C, H	Ecuador	M / NTSC	Islandia	B, G / PAL
Benim	K / SECAM	Egipto	B, G / SECAM	Islas Vírgenes	M / NTSC
Bermuda	M / NTSC	Emiratos Árabes Unidos	B, G / PAL	Israel	B, G / PAL
Bolivia	M / NTSC	España	B, G / PAL	Italia	B, G / PAL
Botswana	I / PAL	Estados Unidos	M / NTSC	Jamaica	M / NTSC
Brasil	M / PAL	Etiopía	B, G / PAL	Japón	M / NTSC
Brunei Darussalam	B, G / PAL	Filipinas	M / NTSC	Jordania	B, G / PAL
Bulgaria	D, K / SECAM	Finlandia	B, G / PAL	Kenia	B, G / PAL
Burkina Faso	K / SECAM	Francia	L / SECAM	Kuwait	B, G / PAL
Burma	M / NTSC	Gabón	K / SECAM	Lesotho	I / PAL
Burundi	K / SECAM	Ghana	B, G / PAL	Libano	B, G / SECAM
Camerún	B, G / PAL	Gibraltar	B, G / PAL	Liberia	B, G / PAL
Canadá	M / NTSC	Grecia	B, G / SECAM	Libia	B, G / SECAM
Colombia	M / NTSC	Guatemala	M / NTSC	Luxemburgo	B, G / PAL, L / SECAM

Tabla 5.8

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

ESTANDARES DE TELEVISION EN EL MUNDO (Continuación)

PAIS	ESTANDAR USADO	PAIS	ESTANDAR USADO	PAIS	ESTANDAR USADO
Madagascar	K / SECAM	Paraguay	N / PAL	Tailandia	B, G / PAL
Malasia	B, G / PAL	Perú	M / NTSC	Tanzania	B, G / PAL
Malawi	B, G / PAL	Polonia	D, K / SECAM	Togo	K / SECAM
Maldivas	B, G / PAL	Portugal	B, G / PAL	Túnez	B, G / SECAM
Mali	B, G / SECAM	Qatar	B, G / PAL	Turquía	B, G / PAL
Malta	B, G / PAL	Reino Unido	I / PAL	Uganda	B, G / PAL
Marruecos	B, G / SECAM	Rep. de África Central	K / SECAM	Uruguay	N / PAL
Mauritania	B, G / SECAM	Rep. Dominicana	M / NTSC	Venezuela	M / NTSC
México	M / NTSC	Rhodesia	B, G / PAL	Vietnam	D, K / SECAM
Mónaco	L / SECAM	Rumania	D, K / PAL	Yemen	B, G / PAL
Mongolia	D, K / SECAM	Rusia (y ex U.R.S.S.)	D, K / SECAM	Yugoslavia (ex)	B, G / PAL
Montserrat	M / NTSC	San Christopher y Nevis	M / NTSC	Zaire	K / SECAM
Mozambique	B, G / PAL	Senegal	K / SECAM	Zambia	B, G / PAL
Nicaragua	M / NTSC	Sierra Leona	B, G / PAL	Zimbabwe	B, G / PAL
Níger	K / SECAM	Singapur	B, G / PAL		
Nigeria	B, G / PAL	Siria	B, G / PAL		
Noruega	B, G / PAL	Sri Lanka	B, G / PAL		
Nueva Guinea Papua	B, G / PAL	Sudáfrica	I / PAL		
Nueva Zelanda	B, G / PAL	Sudán	B, G / PAL		
Omán	B, G / PAL	Suecia	B, G / PAL		
Pakistán	B, G / PAL	Suiza	B, G / PAL		
Panamá	M / NTSC	Surinam	M / NTSC		

Tabla 5.8

CAPITULO

VI

TELEVISION DE ALTA DEFINICION (HDTV)

TELEVISION DE ALTA DEFINICION (HDTV)

6.1.- INTRODUCCION.

La televisión de alta definición está caracterizada por el mayor detalle, lo que implica el cambio de la relación de aspecto o ampliar el campo visual de la imagen. Esto es debido a que se encontró, que las personas que observaban películas en un formato amplio experimentaban una mayor sensación de participación que con el formato convencional de 4/3. Otra de las razones es la de generar una televisión más interactiva engañando al ojo humano, cubriendo el campo visual de este con una relación de aspecto de 16/9 ó 1.78, lo que propicia cierta apreciación de tercera dimensión, que es a donde se quiere llegar en la transmisión de imágenes. En los formatos de cine tal situación es apreciada debido a que el formato es mucho mayor, ya que una imagen de cine tiene una relación de aspecto de 1.85:1 y el formato de cinemascope 2.35:1. Desde hace varias décadas los fabricantes han tratado de establecer un formato en especial pero cuestiones tanto políticas, de mercado como técnicas no han permitido desarrollar un sistema base para la HDTV. A finales de los años setenta las compañías NHK y la SONY desarrollaron el sistema NHK Hi vision (1,080 líneas) capaz de producir detalles como en una película de 35 mm, pero actualmente no está en uso. Aunque en EUA se espera que para el 2003 todas las estaciones deberán a enviar su señal digital y para mayo del 2006 se elimine la televisión analógica. La HDTV principalmente consiste en:

- 1).- Una señal digital de televisión que envíe en alta resolución, una imagen de pantalla amplia de proporción 16/9 y 6 canales de sonido digital.
- 2).- Un televisor capaz de recibir todas estas señales digitales y desplegarla en toda su resolución.
- 3).- Un convertidor capaz de permitir que un televisor normal reciba estas señales pero no despliegue todo el ancho y resolución.
- 4).- Este sistema es diseñado con la intención de que sea un formato compatible o aplicaciones multimedia usando el formato de compresión digital MPEG-2 lo que permitirá la compatibilidad de HDTV con las computadoras.

Para tener la HDTV en las computadoras, se tendría que hacer retroproyección tecnológica para poder representar su señal en monitores con una relación de aspecto de 16/9. En la figura (6.1) se muestra las diferencias en proporción de ambas relaciones de aspecto.

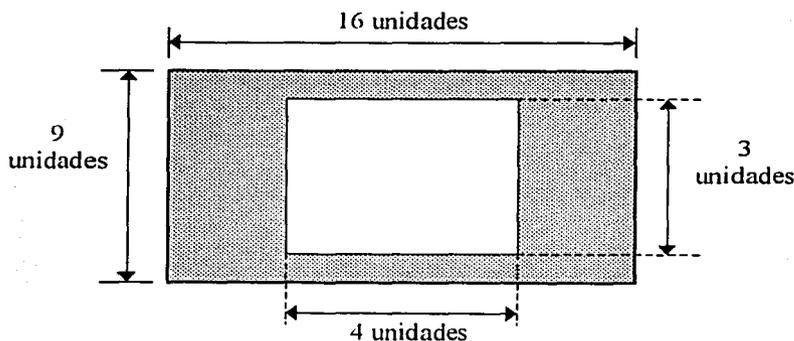


Figura 6.1

Cambiando la relación de aspecto de la programación.- Actualmente la conversión de 16:9 HDTV al formato 4:3 se hace de la misma manera que la conversión de películas de gran formato de televisión. Existen tres formas de hacerlo:

Primero.- Pueden recortarse los lados de la imagen. Si el material de alta definición original se graba con el formato 4:3 en mente (con protección), aunque la información de los lados que se pierda no tendrá mayor importancia.

Segundo.- La producción completa puede ser sometida a un proceso denominado "paneo" y "escaneo". Este procedimiento consta de un análisis técnico de cada escena controlado por una computadora programada para recorrer electrónicamente la ventana de 4:3 a lo largo del formato de pantalla total.

Tercero.- Por último, si el cuadro completo de HDTV contiene información visual importante (como texto extendiéndose a lo ancho de la pantalla) el paneo y escaneo no funcionará. En este caso tendríamos que utilizar la tercera técnica llamada "letterbox", donde se ve el cuadro entero dejando dos bandas negras arriba y debajo del cuadro.

La técnica de "letterbox" representa un problema, así que se deja casi exclusivamente para los casos en que hay títulos y créditos al inicio y final del programa o film. Este efecto de compresión es producido por un lente anamórfico que comprime la imagen a un formato 4:3. En condiciones normales, cuando la película se proyecta en el teatro, la imagen comprimida se vuelve normal durante la proyección, pero en televisión con formato 4:3 no es posible descomprimirla. Antes de que HDTV se convierta en la norma para el año 2003, se tendrá que convertir todo el formato 4:3 a formato de 16/9.

6.2.- LA SEÑAL DE VIDEO DIGITAL.

.- La característica principal de la señal digital es la de ofrecer imágenes limpias, sin degradaciones, ruido, intermodulaciones o fantasmas y además, sustituir y ampliar los servicios analógicos convencionales. Así mismo, se pueden enviar señales digitales con datos adicionales, de calidad y control de imagen, close caption, texto, software para computadoras, etc.

Comparado con la televisión NTSC, HDTV/DTV puede reproducir seis veces más detalle y diez veces más información de color. Si se proyecta en una pantalla de 16 x 9 pies, el detalle de HDTV/DTV se asemeja mucho al que puede ser reproducido por una proyección de cine.

Los formatos de video incluyen los estándares SDTV y HDTV; en ambos tipo de rastreo; progresivo y entrelazado. La diferencia entre la televisión digital DTV y la HDTV es que la televisión digital DTV engloba a todos los formatos de televisión o video digital.

DTV (Digital TV)	{	<ul style="list-style-type: none"> - SDTV (Standar DigitalTV) - HDTV (High Definition TV)
------------------	---	---

En 1996 se planteó en EUA transmitir en la asignación de frecuencias de un canal estándar, un canal de HDTV o en su defecto transmitir varios canales SDTV en el ancho de banda convencional de 6 MHz, esto en base a técnicas de compresión, como se muestra en la figura 6.2.

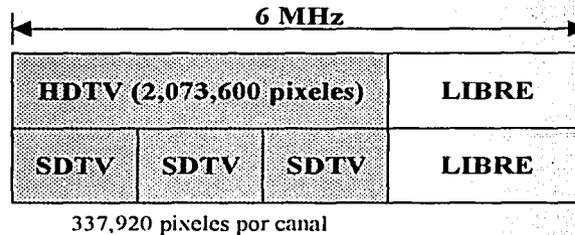


Figura 6.2

Actualmente no se tiene una técnica de compresión que permita realizar esto, pero con el desarrollo actual de las técnicas digitales, en un futuro no muy lejano, estos tipos de formato permitirán la transmisión de múltiples canales de televisión digital en un ancho de banda de canal analógico.

El video digital y el analógico.- El video digital tiene un número importante de ventajas sobre el análogo porque en los equipos digitales no existen errores de corrección normal, como puntos, errores de velocidad y errores generales de color por lo que la señal recibida es igual a la original. Además:

- Una cinta digital puede ser copiada casi indefinidamente sin pérdida de calidad. Esta es una ventaja importante en las sesiones de post-producción que requieren varias capas de efectos.
- Los circuitos de corrección de errores asociados a los sistemas digitales reducen o eliminan problemas de barrido de color como los puntos fuera de línea (dropout).
- Las cintas digitales se pueden almacenar por un tiempo prolongado.
- La calidad técnica de las grabaciones digitales es mejor que su similar análogo.
- En el futuro muy cercano el video digital podrá ser procesado por una computadora sin tener que pasar por la conversión análoga-digital dado que los videotapes digitales tienen mayor calidad que los analógicos y por consiguiente mayor facilidad de manejo.

Diferencias entre el video digital y el formato de cine.- Las diferencias entre el video y el film radican más en los estilos de producción de cada uno que en sus cuestiones técnicas, aunque el video ahora tiene grandes ventajas sobre el film, lo que en un futuro provocaría la desaparición de este último.

Ventajas del film

- 1.- Los estándares de 35 mm y 16 mm han sido los mismos por décadas.
- 2.- El film puede ser convertido a una gran variedad de estándares de difusión.
- 3.- Bajos costos en el formato de 16 mm.

Ventajas del video

- 1.- Corrección instantánea.
- 2.- Más rápido, menos caro y más posibilidades en la transmisión y en la post-producción (composición, efectos especiales, control de efectos digitales por computadora y no tener pérdidas de calidad al hacer copias o ser editadas).
- 3.- Menos pérdidas a lo largo de la corrida o revisión.
- 4.- Puede hacerse en vivo.
- 5.- La conversión a cualquier estándar será transparente.

Actualmente varias cadenas televisoras y compañías de cinematografía, están trabajando ya con cámaras con un formato de 16/9.

Problemas con las señales digitales.- Las señales digitales tienen diferente comportamiento en comparación con las analógicas; por ejemplo, si una imagen tiene diferentes tonalidades hacia el color negro, esta se degrada para obtener las diferentes tonalidades de la escena, situación que no sucede en una imagen percibida de manera analógica, esto hace que en la imagen digital se pierdan ciertos detalles en imágenes oscuras, como sucede con las cámaras fotográficas digitales actuales. En otros casos se han presentado interferencia con señales como sucedió en Dallas, en donde una señal de prueba DTV interfirió con una frecuencia de monitores del corazón.

Problemas con el hardware.- La transmisión de una señal de DTV a través del aire, requiere una técnica de modulación que permita reducir el ancho de banda de la señal en el aire, existen para esto, las modulaciones MQAM (en las que $M = 2^n$) en las que al incrementar el valor de M se reduce el ancho de banda por un factor $\log M$. Esto es muy bueno pero incompatible con la televisión analógica, por lo que en una etapa inicial, se deberá contar con los correspondientes convertidores D/A.

Limitaciones en el ancho de banda.- Si uno decide cambiar a una imagen de HDTV de 1,080 líneas por 600 pixeles, manteniendo la misma relación de campo, esto implica un ancho de banda de aproximadamente 18 MHz. Aunque actualmente este ancho de banda no es un problema, ya que con las técnicas de compresión actuales, se puede lograr transmitir uno o varios canales de televisión dentro del ancho de banda actual de 6 MHz, además estas técnicas cada vez comprimen más la señal sin afectación en la calidad de la misma.

Problemas con la velocidad de transmisión.- El problema de la televisión digital es la elevada velocidad de bits que se necesita transmitir en tiempo real. De todos modos, la información de televisión es enormemente redundante entre los pixeles de una imagen (*redundancia espacial*) y entre imágenes consecutivas (*redundancia temporal*). Será necesario desarrollar algoritmos que eliminen esa redundancia, de modo que permitan reducir de una manera drástica el ancho de banda requerido para la transmisión de una señal digital de televisión.

Cualquier receptor HDTV habrá de tener capacidad de proceso y de almacenamiento de señales digitales. Será entonces una computadora capaz de visualizar imágenes en diferentes formatos de una alta calidad. Un sistema de este tipo está abierto a manejar señales digitales en diferentes formatos, de modo que puedan reconocer señales de diferentes fuentes (antena, cable, videodisco...) sin más que aplicar el programa adecuado para descomprimir las imágenes y presentarlas en pantalla.

La arquitectura de capas.- El desarrollo de la Grand Alliance contempla un sistema digital de televisión definido por capas en los niveles de la OSI. Esta forma abstracta de representar un sistema de televisión permitirá que las señales sean transmitidas en formatos diferentes y que después de ser procesadas sean presentadas en diferentes tipos de pantallas y formatos, constituyendo lo que se conoce como un receptor de arquitectura abierta. En la figura 6.3 se muestra el sistema de cuatro capas de la organización Grand Alliance.

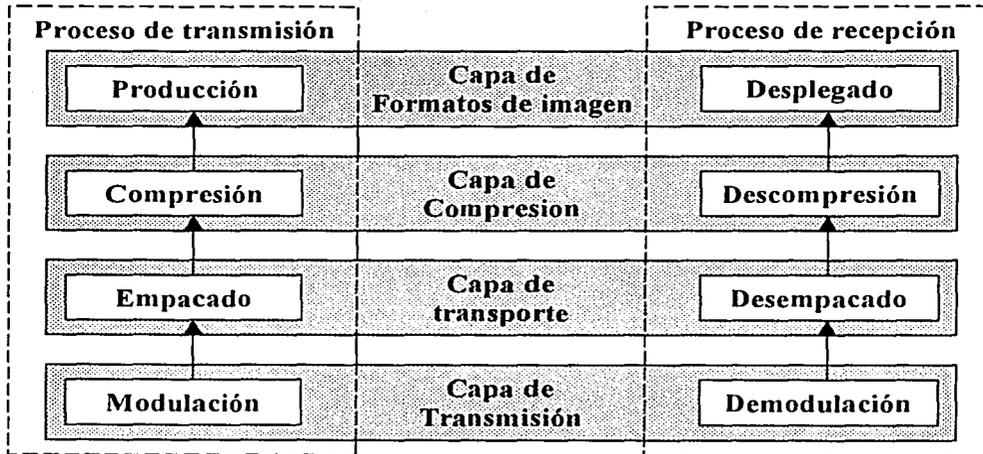


Figura 6.3

La capa de formatos de imagen.- Contempla la flexibilidad de desplegar diferentes formatos. En ella se definen las características de la resolución, velocidades de cuadro, progresivo o entrelazado.

La capa de compresión.- Define la compresión del audio en Dolby AC-3 como el video en MPEG-2.

La capa de transporte.- Esta capa define los trenes de bits de datos basada en MPEG-2.

La capa de transmisión.- Define la señal compuesta de audio, video y otras posible portadoras.

Además, se puede transmitir gran cantidad de datos utilizando alguna parte de canal sin afectar la capacidad del mismo. Se realizó un experimento en el cual se transmitieron 60 MB durante 51 s. sin afectar la calidad de la señal de HDTV.

Se está experimentando en un formato de modulación 8-VSB (vestigial sideband), la cual es una transmisión terrestre con una mayor cobertura y con una menor interferencia que con la televisión análoga, al ser una señal digital se utiliza una señal libre de interferencia.

6.3.- COMPRESION DIGITAL PARA HDTV.

- Dado lo robusto de los formatos digitales para su manejo, se utiliza cierto nivel de compresión. Por esta razón, las escenas que cambian rápidamente, como en los juegos de hockey se necesita que el tiempo de descompresión en los receptores sea lo bastante corto, dado que pueden aparecer problemas causados por la diferencia de tiempos entre la descompresión de la proyección y la velocidad de la acción. Con la señal estacionaria no se aprecia cuando se recorren las imágenes; sin embargo, en

escenas en movimiento los pixeles no caen en sus propias posiciones y crean un efecto de manchado.

En la actualidad con el auge de la computación y el manejo de las señales de manera digital, se ha formado un nuevo estándar para la televisión llamado MPEG-2D, este nuevo formato incluye un estándar internacional de compresión de video, para los formatos progresivo y entrelazado en SDTV y HDTV. Para este sistema de transmisión de paquetes de datos existe una variedad de formatos de televisión. En la figura 6.4 se muestra el diagrama de bloques del proceso de la compresión MPEG-2.

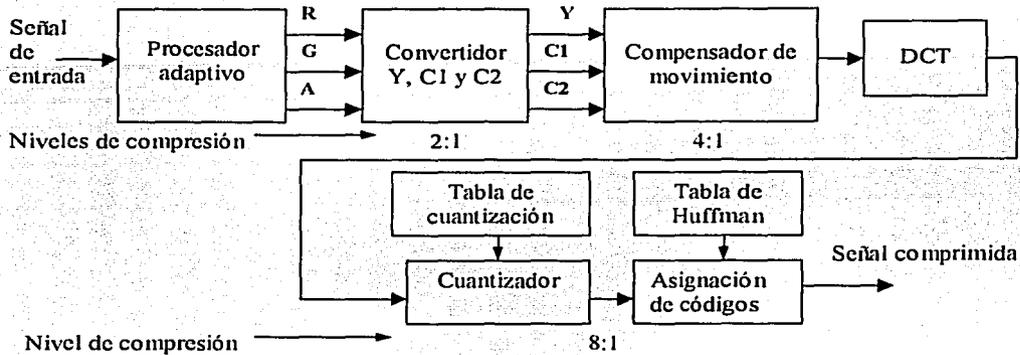


Figura 6.4

La compresión de video para HDTV está basada en el estándar internacional MPEG-2. Esta compresión usa algoritmos de movimiento compensado que consisten en utilizar la redundancia entre cuadros para tratar de prever cuadros y evitar anchos de banda muy grandes, también se utiliza el algoritmo discreto de la transformada del coseno utilizando matrices de imagen de 8 x 8 pixeles. La compresión MPEG-2 es una técnica adoptada de la tecnología de la computación, lo que permitirá que la HDTV pueda ser representada en cualquier computadora que pueda operar en aplicaciones multimedia. Debido a esto el estándar digital será transmitido en paquetes de bits, y soportará múltiples formatos, para ser compatible con computadoras y televisores en formato NTSC.

El formato de compresión MPEG-2, es un sistema de bloques o paquetes de datos que contiene un encabezado de 4 bytes con señalización de control y 184 bytes de datos. Cada paquete contiene la información de video, audio y su información auxiliar como se ilustra en la figura 6.5.

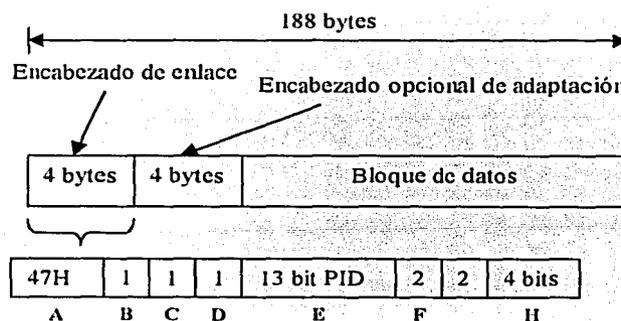


Figura 6.5

Estructura del encabezado de enlace en el formato MPEG-2.

- A.- Sincronización de bloque.-** El primer byte es la sincronización de bytes, con e valor fijo 47 hexadecimal (0100 1111).
- B.- Indicador.-** Un bit indicador de error en la transmisión de los paquetes.
- C.- Indicador.-** Un bit indicador de inicio de paquete de datos.
- D.- Indicador.-** Un bit indicador de prioridad de transporte.
- E.- Identificación de bloque.-** Son 13 bits para identificar el bloque; es usado para multiplexar o demultiplexar el tren de bits.
- F.- Control de codificación.-** Son dos bits para el control de codificación.
- G.- Control de campo.-** Son dos bits que se usan para el control del campo.
- H.- Manejo de errores.-** Son 4 bits que están asignados como contador de la continuidad del campo, para controlar las pérdidas de datos.

Formatos de muestreo.- Las cámaras digitales más avanzadas utilizan un formato 4:2:2 (compresión mínima, luminancia y crominancia registradas por separado, un porcentaje de muestreo más alto, etc. Otras cámaras utilizan un formato 4:1:1 (como las DV, DVCAM, DVCPRO, etc.) el cual depende de un nivel más alto de compresión y que va en perjuicio de la calidad de video.

Aunque una comparación lado a lado del 4:2:2 y el 4:1:1 revela una diferencia muy pequeña, la ventaja de calidad del 4:2:2 es evidente cuando se requiere edición, copiado, efectos especiales, etc. Desafortunadamente la mayoría de las cámaras comerciales utilizan un formato 4:1:1.

Si tomáramos una matriz de pixeles de 4 x 4, el muestreo de luminancia que se realiza en los equipos de video es como se anota en la figura 6.6.

Formato 4:4:4				Formato 4:2:2			
B&W/Color	B&W/Color	B&W/Color	B&W/Color	B&W/Color	B&W	B&W/Color	B&W
B&W/Color	B&W/Color	B&W/Color	B&W/Color	B&W/Color	B&W	B&W/Color	B&W
B&W/Color	B&W/Color	B&W/Color	B&W/Color	B&W/Color	B&W	B&W/Color	B&W
B&W/Color	B&W/Color	B&W/Color	B&W/Color	B&W/Color	B&W	B&W/Color	B&W
Formato 4:2:0				Formato 4:1:1			
B&W/Color	B&W	B&W/Color	B&W	B&W/Color	B&W	B&W	B&W
B&W	B&W	B&W	B&W	B&W/Color	B&W	B&W	B&W
B&W/Color	B&W	B&W/Color	B&W	B&W/Color	B&W	B&W	B&W
B&W	B&W	B&W	B&W	B&W/Color	B&W	B&W	B&W

Figura 6.6

Mientras mayor es la tasa de muestreo mejor es la calidad del cuadro, pero también se requiere mayor ancho de banda y el proceso de grabación digital se hace más exigente y robusto.

El proceso de muestreo 4:4:4.- Se utiliza en los equipos profesionales. Cualquier formato que se muestree por debajo de 4:4:4 realmente pierde calidad, situación que no siempre es apreciable.

El formato 4:2:2.- Es el método de compresión más común (conocido como MPEG2 o MPEG 422) es uno de los formatos más populares en el trabajo profesional. Es un punto intermedio en la calidad y en

la práctica técnica. La compresión MPEG2 involucra más que solo reducir el muestreo de color en los cuadros, también significa compresión intra-cuadros (compresión dentro de cuadros individuales). Este tipo de compresión utiliza una sofisticada técnica que elimina la información redundante; esto es, la información en cuadros sucesivos que no cambia.

Al comprimir la señal de manera digital una emisora puede enviar de 6 a 10 canales en el ancho de banda de un canal analógico. La señal es de mayor claridad tanto de imagen como de sonido, aunque todavía está en desarrollo ya que como se utiliza un convertidor digital-analógico para poder utilizar los actuales receptores de televisión, al hacer esta conversión se degrada la señal digital original.

6.4.- SISTEMAS DE HDTV.

- Existen actualmente diferentes propuestas en el mundo, aunque hubo la esperanza que a medida que la humanidad avanzara hacia los sistemas digitales de alta definición hubiese un acuerdo global para un solo estándar de televisión. Esto estuvo a punto de darse a finales de los años 80 porque muchos países estaban aceptando un sistema de 1,125 líneas y 60 campos; sin embargo, surgieron diferencias técnicas y políticas que hicieron que el sueño de un sistema único y universal se desvaneciera.

En la actualidad existen tres estándares definidos de manera oficial;

- 1.- Los Estados Unidos (ATSC-Advanced Television Systems Committee), Japón (ISDB-T) y otros países adoptaron el sistema de 1,125 líneas (1080 líneas activas) y 60 campos.
- 2.- Europa DVB (Digital Video Broadcast) y los países con los sistemas PAL y SECAM optaron por un sistema de 1,250 líneas (1125 líneas activas) y 50 campos.
- 3.- Japón optó por el sistema de la ATSC, pero sigue desarrollando sus sistemas.

Aunque hasta la fecha se tienen algunas características técnicas, para este caso la UIT (Unión Internacional de Telecomunicaciones) ha definido el estándar como 1,080 líneas por 1,920 columnas o pixeles.

El sistema americano.- La ATSC tiene su origen en un grupo de fabricantes llamado "Grand Alliance" (conformado por AT&T, GI, MIT, Philips, Sarnoff, Thomson y Zenith) y el estándar ha sido adoptado en Estados Unidos, Argentina, Corea, Canadá y Taiwan. El estándar europeo también ha sido adoptado en Singapur e India, Australia y Nueva Zelanda aunque estos dos últimos con ciertas variaciones.

Las diferencias entre estos tres sistemas de transmisión internacional se centran fundamentalmente en tres áreas:

- 1).- El número de líneas horizontales en la imagen.
- 2).- El ancho de banda de transmisión del canal.
- 3).- La utilización de amplitud o frecuencia modulada para transmitir el audio y video.

Históricamente, el número de líneas utilizadas en la transmisión de televisión ha oscilado entre las 405 líneas utilizadas en el Reino Unido para la televisión en blanco y negro, hasta el sistema de 819 líneas usado en Francia, de los cuales ninguno de esos dos sistemas está en operación actualmente.

Hay dos principales formatos de HDTV/ATSC (1,080 líneas x 1,920 pixeles/línea y 720 x 1,280 pixeles/línea). Estos dos formatos se pueden usar en tres diferentes velocidades de cuadro por segundo; 60 cuadros por segundo para video en vivo, 24 y 30 cuadros por segundo para grabaciones de cine. De estos 6 estándares de HDTV, 5 son formatos progresivos y uno entrelazado con 1,080 x 1,920 y 60 cuadros por segundo. Este formato requiere de mas bits, pero solo tiene una forma de llenar la pantalla y enviar la señal en los 6 MHz, esto es, usando técnicas de compresión de video y reproduciendo solo la mitad de la imagen a la vez en formato entrelazado situación que todavía no se realiza.

Para el caso de SDTV existen 3 formatos que son mejoras al sistema NTSC analógico con la misma relación de aspecto de 4/3. Existe un formato de 480 líneas por 704 pixeles con las dos relaciones de aspecto de 16/9 y en 4/3 con velocidades de cuadro de 24, 30 y 60, otro con 480 líneas por 640 pixeles en 4/3 con 24, 30 y 60 campos por segundo y un último progresivo .

La tabla 6.1 nos indica los estándares de DTV (Digital Television) con la señal digital ATSC/8-VSB adoptadas en Estados Unidos.

SISTEMAS AMERICANOS PROPUESTOS DE TELEVISION DIGITAL

DTV	LÍNEAS ACTIVAS POR IMAGEN	PIXELS POR LÍNEA	RELACION DE ASPECTO	VELOCIDAD DE CUADRO
HDTV	1,080	1,920	16:9	24p, 30p
HDTV	1,080	1,920	16:9	60e
HDTV	720	1,280	16:9	24p, 30p ó 60p
SDTV	720	1,280	16:9	29.97 a 30
SDTV	480	704	4:3, 16:9	24p, 30p, 60p, 60e
SDTV	480	640	4:3	24p, 30p, 60p, 60e

Tabla 6.1

Donde: e = entrelazado p = progresivo.

Todos los formatos son compatibles con el estándar NTSC con velocidades de cuadro como 59.94Hz, 23.97 Hz, y 29.97 Hz. Las versiones más populares son las de 1,080 entrelazado y la de 720 progresivo, obviamente el formato de 1,080 x 1,920 ofrecerá una mayor resolución horizontal.

El sistema MUSE.- En el año de 1968, la NHK de Japón comienza un proyecto para desarrollar un nuevo estándar de televisión con 1,125 líneas; es un sistema analógico, el cual usa técnicas de compresión digital. Además es un sistema de difusión por satélite, el cual no es compatible con el actual sistema japonés de transmisión terrestre NTSC, que es usado en la transmisión de televisión en las islas japonesas. El sistema MUSE es una modificación del estándar de HDTV de la NHK para DBS, pero su ancho de banda es más grande, por lo que la señal debe ser comprimida.

En el sistema HDTV de NHK, para crear la señal compuesta de *Y* y *C* con un ancho de banda de 8.15 MHz en la banda satelital, se optó por comprimir la señal y entonces convertirla a analógica en una frecuencia de 8.15 MHz, para ello la señal es muestreada a 48.6 Ms/s. Esta señal se controla con dos filtros; uno es responsable de las imágenes estacionarias y el otro de las partes en movimiento de la imagen. Las señales de salida de estos dos filtros son combinadas y muestreadas en la frecuencia de sub-Nyquist a 16.2 MHz. El resultado es un tren de pulsos convertidos a una señal analógica a una frecuencia 8.1 MHz.

El sistema MUSE desarrollado por NHK de 1,125 líneas, entrelazado, de 60 Hz, tiene una relación de aspecto de 5/3 y una distancia de visión de 3.3H. La precompresión del ancho de banda para la luminancia *Y* es de 20 MHz, y para la crominancia *C* es de 7 MHz. Actualmente estos estándares han sido modificados. Los diferentes sistemas de MUSE son resumidos en la tabla 6.2.

SISTEMAS JAPONESES DE TELEVISION DIGITAL

SISTEMA	LÍNEAS POR CUADRO	VELOCIDAD DE CAMPO (Hz)	Y ANCHO DE BANDA (MHz)	C ANCHO DE BANDA AMPLIO (MHz)	C ANCHO DE BANDA ANGOSTO (MHz)	RELACION DE ASPECTO
NHK-1980	1,125	60	20	7	5.5	5/3
MUSE 1986	1,125	60	20	6.5	5.5	5/3
SMPTE 1987 estudio	1,125	60	30	30	30	16/9

Tabla 6.2

Los fabricantes Japoneses rechazaron la modulación de banda lateral vestigial (como el usado en NTSC). Separaron las señales *Y* y *C*; esto mejoró el rango de frecuencia y redujo la potencia requerida hasta 570 W de potencia (360 W para *Y* y 210 W para *C*). Se obtuvo con esta técnica una relación señal a ruido de 40 dB.

El sistema europeo (MAC).- El sistema MAC fue originalmente propuesto como el estándar analógico de compresión para el sistema europeo de HDTV. Este sistema fracasó puesto que su operación sería en 1995; de esta forma la comunidad europea espera que Estados Unidos o Japón desarrollen un sistema completamente digital y entonces usar una modificación que use 50 Hz.

SISTEMAS DE TELEVISION DIGITAL EUROPEOS

RESOLUCION VERTICAL	RESOLUCION HORIZONTAL	RELACION DE ASPECTO	VELOCIDAD DE CAMPO (Hz)	SECUENCIA
1,080	1,920	6:9	25 Hz	Entrelazado, Progresivo
720	1,280	16:9	25 Hz y 50 Hz	Progresivo
576	720	4:3, 16:9	25 Hz y 50 Hz	Progresivo
			25 Hz	Entrelazado
	544	4:3, 16:9	25 Hz	Entrelazado, Progresivo
	480			
352				
288	352	4:3, 16:9	25 Hz	Progresivo

Tabla 6.3

Dado que la visión periférica es mucho más sensible al contraste y al movimiento que la visión central, se ha encontrado que la velocidad de campo de 50 Hz (25 Hz velocidad de cuadro) es bastante lenta. Con esta velocidad a 50 Hz la imagen parpadea; por eso el sistema europeo de HDTV utilizará 100 Hz.

La velocidad binaria para el caso de la radiodifusión de televisión, se ha fijado a 35 Mbits/s en Europa, 32 Mbits/s en Japón y 44 Mbits/s en Estados Unidos. Sobre la base de las velocidades binarias de que se dispone en los enlaces de satélite, sería conveniente una velocidad binaria del orden de 20 a 30 Mbits/s:

Entrelazado o progresivo.- La reducción en la resolución es debido a que un pixel puede fallar y caer entre líneas. Sobre todo en los sistemas entrelazados o formados por dos campos. Se han hecho medidas y se da una resolución efectiva de cerca del 70% de la máxima resolución llamado *Kell factor* para un rastreo progresivo. Si la imagen es entrelazada entonces el factor del 70% se aplica solo cuando la imagen es estacionaria. Para imágenes entrelazadas no estacionarias, esta resolución baja hasta el 50%. El entrelazado también tiene espacios en el movimiento de los objetos, o corrimientos, así como parpadeo a lo largo de las separaciones y desalineación de campos, además el rastreo de la imagen en las computadoras es en formato progresivo; es por eso que se propone el sistema progresivo para HDTV.

La tabla 6.4 resume las principales características de algunas de las propuestas de HDTV.

COMPARACION ENTRE SISTEMAS DE TELEVISION

SISTEMA	P/E	TOTAL DE LINEAS	LINEAS ACTIVAS	RESOLUCION		DISTANCIA DE VISUALIZACION H	RELACION DE ASPECTO	CAMPO		ANCHO DE BANDA (MHz)
				VERTICAL	HORIZONTAL			VERTICAL	HORIZONTAL	
HDTV USA analógica	P	1,050	960	675	600	2.5	16/9	23°	41°	8
HDTV Europa analógica	P	1,250	1,000	700	700	2.4	16/9	23°	41°	9
HDTV Japón NHK	E	1,125	1,080	540	600	3.3	16/9	17°	30°	20
NTSC	E	525	484	242	330	7.0	4/3	8°	11°	4.2
NTSC	P	525	784	340	330	5.0	4/3	12°	16°	4.2
PAL	E	625	575	290	425	6.0	4/3	10°	13°	5.5
PAL	P	625	575	400	425	4.3	4/3	13°	18°	5.5
SECAM	E	625	575	290	465	6.0	4/3	10°	13°	6
SECAM	P	625	575	400	465	4.3	4/3	13°	18°	6

Tabla 6.4

Donde: E.- entrelazado.
P.- Progresivo.

6.5- AUDIO EN HDTV.

.- Actualmente con la evolución de sistemas "Hi-Fi", estéreo, sonido "Surround" y audio y video digital usados en televisión las audiencias gozan de mejores expectativas.

La compresión de audio está basada en el sistema estéreo Dolby AC-3 con 5.1 canales de sonido digital envolvente (calidad de CD).

Reproducción de estéreo.- Una señal estereofónica para ser debidamente reproducida debe contar con dos bocinas de buena calidad, ubicados entre 1.5 y 2 metros en ambos lados de la pantalla. Muchos televisores cuentan con bocinas estéreo, pero la distancia entre estas limita el efecto estereofónico.

Sonido envolvente (Surround).- El sonido estéreo cubre una perspectiva frontal de unos 120°; esto proporciona cierto realismo y se perciben sonidos en una perspectiva mucho mayor, incluso detrás de nosotros. Los sistemas de sonido envolvente y cuadrafónicos reproducen sonidos al frente y detrás del oyente en una perspectiva de sonido de 360 grados; para esto se necesitan cinco bocinas. Para aprovechar los nuevos televisores con capacidad de HDTV/digital la quinta bocina (optativa), se ubica detrás del televisor y es un subwoofer, usado exclusivamente para el bajo.

Para realizar esto se utilizan micrófonos cuadrafónicos, los cuales registran sonidos en una perspectiva 360 grados, tienen cuatro elementos del micrófono en una sola unidad que captan el sonido que viene de la parte frontal y posterior de ambos. Estos se graban en cuatro pistas de audio separadas. Durante la post-producción las cuatro pistas de audio alimentan a una computadora, se mezclan con pistas de música y efectos para desarrollar un efecto completo de sonido envolvente.

La norma de transmisión que será usada en los nuevos televisores de HDTV/Digital todavía está en proceso. El formato digital seleccionado para DTV/HDTV se llama sonido de canal 5.1 y es basado en el formato Dolby de sonido envolvente digital. El sistema 5.1 consiste en seis canales discretos de audio: los canales izquierdo, centro y derecho al frente de los oyentes, y los canales envolventes izquierdo y derecho a los lados. El sexto es un canal de bajos con un rango de frecuencias limitadas entre 3 -120 Hz, capaz de producir un bajo que podría sacudir cualquier sala; por eso sólo requiere un décimo de un canal de audio del rango completo para ser registrado. Por esto el sistema se llama 5.1.

Usando compresión de señal todos los canales de audio pueden transmitirse en un ancho de banda limitado. Inicialmente, la compañía CBS planea usar dos sistemas estéreo en dos canales (tradicional) y estéreo matricizado también en dos canales (con capacidad Dolby Surround).

6.6- EL FUTURO DE LA HDTV.

.- El desarrollo de las nuevas técnicas digitales tanto de compresión como de transmisión permitirá imágenes de mayor calidad. La televisión estándar tiende a desaparecer, tanto en proporción de imagen como en definición, la televisión digital, debido a su diseño abierto, permitirá ser modificada y mejorada constantemente, pudiendo cambiar al formato de cine de 1.85, a mayor calidad en el muestreo como el formato de 4:4:4, inclusive a la imagen 3D, ya que el formato de compresión MPEG-2 ha ido mejorando constantemente.

Aunque Japón ya tiene sistemas de televisión digital, el estándar propuesto por la norma americana será adoptado a la larga por las cuestiones comerciales. En cambio en Europa esperarán el mejor desarrollo para adaptarlo a su velocidad de 50 Hz.

HDTV por cable.- Dado que la FCC no tiene jurisdicción en la normatividad de CATV, las características de este tipo de sistema, hace que en estos sistemas se puedan manejar opciones tanto de sistemas convencionales como digitales, pudiendo manejar canales de 20 MHz con MUSE tipo HDTV, canales estándar de 6 MHz o cualquier otro estándar digital de manera simultánea.

En casi todo el mundo las compañías telefónicas están mejorando sus redes y convirtiéndolas para trabajar de modo digital. Las RDSI son redes digitales cada vez con mayor capacidad de transmisión de datos, con lo que pueden ser capaces de transmitir señales de televisión y en poco tiempo de HDTV por medio de líneas de abonado telefónico con fibra óptica. En un futuro estas compañías darán el servicio de televisión por medio de sus líneas.

CAPITULO

VII

VIDEOCONFERENCIA

VIDEOCONFERENCIA

7.1.- INTRODUCCION.

La videoconferencia es un sistema de video en el cual interactúan en una transmisión telefónica dos o más usuarios de manera visual; es decir, pueden observarse y escucharse todos de manera simultánea. Existe de igual manera el servicio de mensajes, tanto globales como individuales; también se pueden enviar faxes o archivos, grabar imágenes y anexarles comentarios a las mismas teniendo en la pantalla a los otros usuarios de la red.

Actualmente se está experimentando con diferentes técnicas de compresión para reducir el excesivo ancho de banda utilizado, pero esta compresión del video provoca una degradación en la calidad de las imágenes, sobre todo porque a mayor compresión, menor calidad en el video.

En el caso del servicio de videoconferencias se utilizan diferentes estándares a diferentes velocidades, para el caso de Europa es de 2,048 Mbits/s; para América y Japón la velocidad es de 1,544 Mbits/s.

Un sistema de videoconferencia básico consta de un equipo de video (cámara y monitor), un equipo de sonido (micrófono y altavoces) y un equipo llamado codec, que es un equipo codificador y decodificador, el cual retransmite e interconecta a las terminales visuales. La principal función de los codecs es convertir las señales analógicas tanto de video, datos y audio a señales digitales y comprimirlas, esto con el fin de evitar que las escenas ocupen un gran ancho de banda en su transmisión.

La videoconferencia es un servicio que actualmente es de uso restringido a empresas, universidades y gobiernos, pero en un futuro no muy lejano se abrirá a la telefonía pública. Los principales usos que se le han dado son conferencias de negocios o juntas y educación a distancia.

En la actualidad también existe la telefonía visual que involucra dos usuarios quienes por medio de pc's y programas de computadora, pueden establecer una comunicación visual y sonora intercambiando imágenes y documentos. Las principales diferencias entre telefonía visual y videoconferencia consisten en; que la telefonía visual se realiza mediante computadoras a una velocidad menor a 2,048 Kbits/s y no involucra a más de dos usuarios de manera simultánea. Los sistemas basados en computadoras personales con procesador mayores a 80486 tienen una calidad regular debido al procesador, a la tarjeta de video, a la velocidad de transmisión del modem y al medio de comunicación que se esté utilizando, aunque estos continuamente se están mejorando. En el mejor de los casos estos sistemas trabajan con una velocidad de 128 Kbps y algunos a 384 Kbps.

Compresión.- Existen diversos tipos de compresión para transmitir imágenes en movimiento. Un tipo de compresión es el método o código de Huffman, donde los trenes de 8 bits o bytes son reducidos con una relación de 8. Existe también un sistema llamado Widcom que acepta cualquier formato de video y la digitaliza a 88 Mbits/s y lo comprime en relación de 4 (22 Mbit/s), es decir, se filtra, se promedia y se reduce la señal de manera considerable. Un tipo de compresión muy usada es la técnica llamada promedio temporal que reduce la imagen al 10%, transmitiéndola finalmente a 2 ó 3 Mbits/s después de usar la técnica de Huffman. Normalmente también se usa el método de condición de relleno o conditional replenishment que hace otra reducción de 10 a la señal después de la técnica de promedio temporal, llevando la señal a Kbits/s para su mejor transmisión.

La condición de relleno (conditional replenishment coding).- Consiste en un detector de movimiento que identifica el grupo de puntos de la imagen a moverse. Esto se basa en un cuadro de memoria el cual fija 2 campos de 143 líneas, cada línea contiene 256 puntos situados en la imagen. La memoria es actualizada en la imagen comparando entre la señal entrante y los valores de la imagen almacenada determinando el movimiento de cierta área. La detección de áreas en movimiento en la imagen es transmitida por una modulación DPCM con un máximo de 16 niveles de cuantización.

Cuando el movimiento de la imagen es menor al 10%, la calidad de la imagen se considera buena, ya que no presenta ese corrimiento que se observa en las imágenes en movimiento. Cuando el movimiento es mayor la degradación es considerable.

Para que el audio pueda ser percibido de manera adecuada entre los usuarios, es necesario que la voz de estos esté aproximadamente 25 dB arriba de las señales de ruido, considerando un valor de ruido de 35 dB como máximo, puesto que la voz en una conversación está entre los 55 y 65 dB. Además en dichas salas se necesita suprimir el efecto de eco para evitar una reverberación. Se considera que un eco con un valor menor a 0.2 segundos es adecuado para entender la conversación.

Las señales videotelefónicas se clasifican en señales de video, audio, de datos y de control, de la forma siguiente:

- **Las señales de audio.**- Son señales de tráfico continuo de voz y sonidos en la sala del usuario, tales como la música ambiental, estas señales se transmiten en tiempo real con un poco de defasamiento, dependiendo del sistema y el medio de transmisión entre usuarios.
- **Las señales video.**- También son señales de tráfico continuo; conviene que las señales de video tengan una velocidad binaria lo más elevada posible, a fin de obtener la mejor calidad posible con la capacidad disponible de canal.
- **Las señales de datos.**- Son señales transmitidas por los usuarios de manera ocasional y pueden ser imágenes fijas, facsímil, texto o documentos.
- **Las señales de control.**- Son señales que se utilizan en la comunicación entre equipos para tener acceso de la red, características de la transmisión entre terminales (definido en la Recomendación H.221).

Unidad de control multipunto (UCM).- Es un dispositivo colocado en algún un nodo de la red o en una terminal (terrestre o satélite) el cual recibe varios canales (máximo 7) de los puertos de acceso, procesa las señales audiovisuales y las distribuye a los canales conectados a los puertos de acceso desde otro UCM o equipo remoto (figura 7.1).

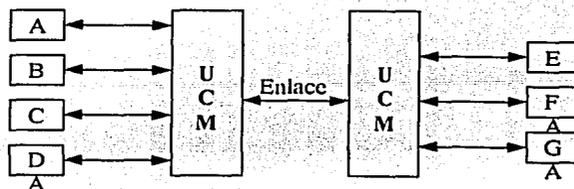


Figura 7.1

Donde: A,B,C,D,E,F y G son los abonados o usuarios de la videoconferencia.
Las funciones básicas de los UCM terrestres o satelitales son idénticas y son:

- a).- Recibir las llamadas de los codecs.
- b).- Agrupar las llamadas en una o más videoconferencias.
- c).- Proporcionar la interfase y la sincronización del flujo de red
- d).- Procesamiento de las diferentes señales de video, audio y datos.

Existen algunos detalles que serán mejorados con el tiempo; por ejemplo: Si un participante desea enviar un mensaje a todos las otras terminales, entonces deberá esperar un tiempo para que este llegue a los canales de todos los codecs. Esto puede implicar un retardo de 800 ms como máximo, por el tiempo que puede ocurrir por la transmisión por satélite. Posteriormente el UCM entonces permitirá cambiar la salida de la voz por otros puertos después de 2 s.

Resolución de imagen.- Existen dos tipos de resolución de imagen de acuerdo a la resolución H.320.

- **QCIF (Quarter Common Intermediate Format).**- Con una resolución de 176 pixeles por 144 líneas.
- **CIF (Common Intermediate Format).**- Con una resolución de 352 pixeles por 288 líneas.

7.2.- CLASES DE VIDEOCONFERENCIA.

Existen 3 clases de videoconferencia:

- Clase 1.- Es el sistema de comunicación con el nivel básico para la videoconferencia y una velocidad típica de 7.5 cuadros por segundo.
- Clase 2.- Es el sistema con el nivel básico más algunas características opcionales con una velocidad de 15 cuadros por segundo.
- Clase 3.- Es el sistema con el nivel básico con todas las características opcionales y una velocidad de 30 cuadros por segundo.

7.3.- ESTRUCTURAS DE CUADRO PARA VIDEOCONFERENCIA.

La Videoconferencia y la telefonía visual son servicios que requieren velocidades mayores que la telefonía normal, que utiliza canales de 64 Kbits/s. La CCITT ha sugerido el uso de velocidades basadas en múltiplos de 384 Kbits/s para videoconferencia (2,048 Kbits/s) y telefonía visual (1,544 Kbits/s) y sean expresados como:

$$y + (n \times 384) \text{ Kbits/s}$$

Donde:

$$n = 5 \text{ ó } 4$$

$$y = 128 \text{ Kbit/s para video conferencia ó } 8 \text{ Kbits/s para telefonía visual.}$$

Modos gráficos de transmisión.- Existen tres modos de transmisión visual para la videoconferencia adaptándose a los modos de transmisión de televisión europeo y americano:

7.3.1.- Modo 1.- Está basado en los sistemas PAL y SECAM con 625 líneas de luminancia, aunque su capacidad está limitada para transmitir el movimiento; su definición es adecuada permitiendo una buena reproducción en un formato A4 (210 x 297 mm).

Este modo, al igual que en televisión europea; la señal $R - Y$ de color es transmitida en las líneas impares de las líneas activas del campo 1, la señal $B - Y$ se transmite en las líneas pares del campo 2. Estas señales de diferencia de color se muestrean con un retardo con respecto a la luminancia con el sentido de que sean colocados y asociados algún valor de luminancia. El centro del primer punto de color coincide con el segundo elemento de la luminancia.

Velocidad de transmisión.- La velocidad de transmisión para este modo es de 2,048 Kbits/s con una tolerancia de ± 50 partes por millón (ppm).

Las principales características de la estructura de canales de tiempo para el modo 1 (figura 7.2) implican:

- Un canal de 64 Kbits/s para alineación del cuadro y señales de alarma.
- Un canal de 64 Kbits/s reservado para la transmisión de la señal de sonido.
- Un canal 32 Kbits/s para la información entre codec - codec.
- Un canal opcional de 64 Kbits/s y/o un canal de 32 Kbits/s para sonido estereofónico, fax, datos, etc.
- La posibilidad de finalizar y entrar en la señalización de la red.
- La restante capacidad (entre 1,664 y 1,888 bits/s) de ser usada para la codificación de la señal de video.

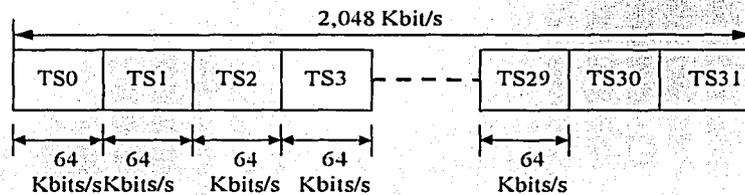


Figura 7.2

Alineación de cuadro, alarmas de red, etc.- Esta información es transmitida en TS0. Adicionalmente 8 bits en cuadros impares son usados como una sincronización de bit la cual es requerida cuando el codec interviene con redes digitales síncronas.

Voz.- La voz es transmitida a 64 Kbits/s en TS1. Para el futuro se usará una mayor calidad de voz. En el caso de la transmisión estéreo, el segundo canal será transmitido en TS17.

Información entre codecs.- Esta información requiere una capacidad de 32 Kbits/s y es transmitida en los cuadros impares de TS2. Los restantes 32 Kbits/s en los cuadros pares de TS2 serán usados para codificar el video o la transmisión de datos.

Señalización (abonado a la red).- Se consideran 16 Kbits/s como adecuados para el acceso básico a una videoconferencia. Con el sentido de evitar cualquier problema se usa un espacio en TS16 (64 Kbits/s) para este concepto.

Fax, datos, etc.- Cuando sea requerido, esta información será transmitida en TS17 y/o TS18.

Video codificado.- Un mínimo de 26×64 Kbits/s = 1,664 Kbits/s esta reservado para este concepto

desde TS3 a TS15 y de TS19 a TS31. Además, dependiendo de las aplicaciones, TS2 (cuadros pares), TS16, 17 y 18 pueden ser usados para video, ocupando como máximo $29.5 \times 64 \text{ Kbits/s} = 1,888 \text{ Kbits/s}$ de capacidad.

7.3.2.- Modo 2 (n=5).- El modo 2 tiene una definición de 525 líneas al igual que el sistema NTSC, los gráficos son continuamente transmitidos; además, se puede recibir una imagen congelada de la cara y en otro segmento se puede estar desplegando la imagen en movimiento. La definición de este modo es mejor que en los sistemas PAL, SECAM y NTSC y es suficiente para una buena reproducción en un formato A4.

Para este modo las frecuencias de muestreo son relacionadas con el tipo 4:2:2. En donde los muestreos de las señales de diferencia de color son colocadas en las líneas nones, en cambio la luminancia es muestreada en todas las líneas. Todos los muestreos son cuantizados en la señal de luminancia y el rango de la amplitud de la señal esta limitada a los valores PCM 16 para el nivel de negro y 239 para el nivel de blanco máximo. Cada señal de diferencia de color exhibe 225 niveles de cuantización en donde el nivel cero de la escala es el nivel 128.

Velocidad de transmisión.- La velocidad nominal de transmisión es de 1,544 Kbits/s con una tolerancia de ± 50 partes por millón (ppm).

Las principales características de la estructura multiplexada para este tipo de transmisión esta constituida por 24 canales de tiempo (figura 7.3) de 64 Kbps más un bit para alineación de cuadro y señalización:

- 8 bits para alineación de cuadro, señales de alarma y otras señales
- 64 Kbits/s para el canal de audio.
- 32 Kbits/s para la transmisión de información codec a codec.
- La opción de uno o dos canales de 64 Kbits/s y /o un canal de 32 Kbits/s para un canal de servicio de datos auxiliar.
- La capacidad restante (entre 1,280 y 1,440 Kbits/s) para la señal de video codificado.

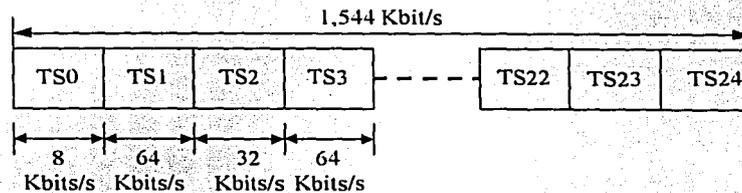


Figura 7.3

La información codec-to-codec.- Esta información es transmitida en un canal de 32 Kbits/s correspondiente a los cuadros impares de TS2.

Voz.- La voz es transmitida a 64 Kbits/s en TS1 para el futuro se usara una mayor calidad de voz.

Muestreo por imagen.- Al hacer la conversión análoga-digital la señal de imagen se muestrea a 256 muestras por línea activa (320 muestras por línea completa).

7.3.3.- Modo 3 (n=4).- Esta estructura múltiple es adecuada para su uso en comunicaciones digitales, y conexiones en las que se interconecten codecs de video para videoconferencia o telefonía visual usando una velocidad de transmisión de 1,544 Kbits/s a 60 campos por segundo.

Velocidad de transmisión.- La velocidad nominal de transmisión es de 1,544 Kbits/s con una tolerancia de ± 50 partes por millón (ppm).

La estructura multiplexada para este tipo de transmisión esta constituida por 192 Kbits por cuadro más 1 bit para la alineación (figura 7.4) y las instrucciones de control del cuadro o imagen:

- 8 bits para alineación de cuadro, señales de alarma y otras señales
- 64 Kbits/s para el canal de audio.
- 32 Kbits/s para la transmisión de información codec a codec.
- 64 Kbits/s para un canal de opcional de servicio de datos auxiliar.
- La capacidad restante (entre 1,376 y 1,440 Kbits/s) para la señal de video codificado.

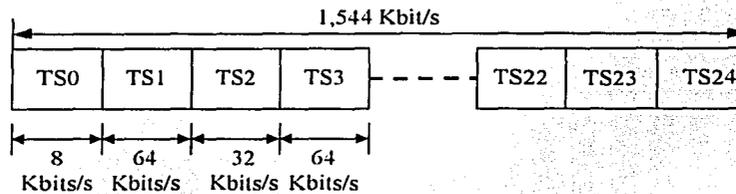


Figura 7.4

A continuación (en las tablas de la 7.1 a la 7.3) se muestran las principales diferencias entre los diferentes modos de transmisión:

ASIGNACION DE LOS CANALES DE TIEMPO EN LOS DIFERENTES MODOS DE TRANSMISION

Concepto	Modo 1	Modo 2	Modo 3
Secciones por cuadro	32	24	24
Velocidad de transmisión	1,664 - 1,888 Kbits/s	1,280 - 1,440 Kbits/s	1,376 - 1,440 Kbits/s
Canales tiempo asignados al video	Video de 26 a 29.5 x 64 Kbits/s	Video de 20 a 22.5 x 64 Kbits/s	Video de 21.5 a 22.5 x 64 Kbits/s
TS0	Señalización	Señalización	Señalización
TS1	Audio de 64 Kbps	Audio de 64 Kbps	Audio de 64 Kbps
TS2	Codec-to-codec	Codec-to-codec	Codec-to-codec
TS3 - TS15	Video	Video	Video
TS16	Fax, datos o video	Fax, datos o video	Canal auxiliar de datos, información o video
TS17	Fax, datos o video	Fax, datos, video o canal estéreo de voz	Video
TS18	Video	Video	Video
TS19 - TS24	Video	Video	Video
TS25 - TS32	Video	-	-

Tabla 7.1

CONVERSION ANALOGICA /DIGITAL

Concepto	Tipo 1	Tipo 2	Tipo 3
Modulación de la cuantización	PCM	PCM	PCM
Bits por muestra	8	8	8
Muestreo por líneas activas	256	256	
Muestreo de líneas completas	320	320	
Frecuencia de muestreo	5.0MHz	5.0MHz	14.3 MHz,
Nivel de negro	32 (100000)	16 (00010000).	-124; (10000100) máximo
Nivel de blanco	59 (111011)	239 (11101111).	72 (01001000)

Tabla 7.2

CARACTERISTICAS DE TRANSMISION ENTRE LOS DIFERENTES MODOS

Concepto	Tipo 1	Tipo 2	Tipo 3
Líneas	Clase a: 625 Clase b: 313	525	525
interfase de video	PAL y SECAM	Video de 52 líneas	Señal NTSC (Sistema M)
Tiempo de imagen completa	1.6 a 4.6 s.	4s.	1.7 a 3s
Elementos de imagen	639 x 288 = 184,032	639 x 288 = 184,032	
Velocidad de cuadro	25 Hz	29.67 Hz	
Campos/s	50	60	60
Entrada y salida digital	2,048 Kbits/s ± 50 partes por millón (ppm)	1,544 Kbits/s ± 50 partes por millón (ppm)	1,544 Kbits/s ± 50 partes por millón (ppm)
Frecuencia de muestreo	2,048 Kbits/s	1,544 Kbits/s	1,544 KHz
Técnicas de codificación	ADPCM 8 bits/muestreo	ADPCM 8 bits/muestreo	PCM 8 bits/muestreo
Canales de datos	2 x 64 y 1 x 32 Kbits/s	2 x 64 y 1 x 32 Kbits/s	64 Kbits/s
Canal de audio	64 Kbits/s	64 Kbits/s	64 Kbits/s
Modo de operación	Full dúplex	Full dúplex	Full dúplex o half dúplex para difusión
Frecuencia de los datos de salida	3.74 Mbit/s	< 2Mbit/s	4Mbits/s
Muestreos de luminancia	639 Líneas	720 líneas	639 Líneas
Reducción digital de líneas activas por campo	287½	242½	
Velocidad de cuadro (Hz)	25	29.67	29.97
Tamaño del campo	2 x 288 Líneas	2 x 288 Líneas	2 x 288 Líneas
Modo de transmisión	Asíncrono	Asíncrono	Asíncrono

Tabla 7.3

CAPITULO

VIII

TELEVISION POR CABLE (CATV)

CAPITULO

VIII

TELEVISION POR CABLE (CATV)

TELEVISION POR CABLE (CATV)

8.1.- INTRODUCCION.

La televisión por cable comienza al final de los años 40 como una televisión comunitaria que hace llegar la imagen de televisión a lugares lejanos o de difícil acceso, en los cuales la señal no era de buena calidad. A finales de los años 70, con el auge de la comunicación satelital, todos los sistemas de comunicación han cambiado y esto ha hecho que los sistemas de cable proliferen por todo el mundo.

La televisión por cable CATV se puede representar en bloques como se ve en la figura 8.1:

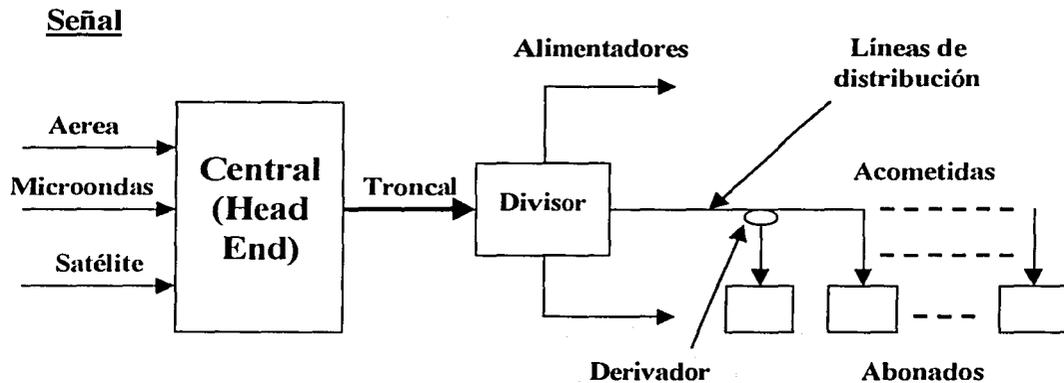


Figura 8.1

El sistema de distribución por cable es una combinación de troncales, amplificadores, derivadores y cables o fibra óptica.

Central o Head End.- En la central es donde las señales de los canales de televisión se manejan en banda base, y en ella se multiplexan por división en frecuencia de acuerdo a los estándares establecidos para la transmisión de la televisión.

En la figura 8.2 se muestra la estructura de bloques de un Head End típico para 8 canales y dos antenas parabólicas receptoras. La señal de televisión de los dos satélites seleccionados es recibida por las antenas parabólicas con LNB's (Low Noise Block Downconverter) duales, para poder captar ambas polaridades (vertical y horizontal) de cada uno. Cada polaridad es separada pudiendo procesarse independientemente. Posteriormente se selecciona el canal deseado y se controla la ganancia de cada canal en los receptores, esto debido a que los canales de un mismo satélite y polaridad se atenúan de manera distinta.

En el siguiente paso los canales seleccionados se trasladan a la frecuencia del canal en el que se quiere transmitir y finalmente son combinados y ajustados para transmitirse por el mismo cable coaxial evitando interferencia entre los mismos.

Suscriptor o abonado.- Es el usuario contratante del servicio de televisión por cable.

Combinación de las señales.- Es la multiplexación de las señales de varios canales de televisión equilibrándolas para que todas las señales tengan un mismo nivel de potencia y no exista interferencia entre las señales en el cable de distribución.

Rango de recepción (Threshold).- Es el rango de potencia de entrada de la señal de televisión, en el que los equipos receptores detectan adecuadamente la señal para ser visualizada. Este rango de recepción varía según a las diferentes marcas de los aparatos receptores.

Sistemas de cable bidireccionales.- Actualmente todavía existen sistemas unidireccionales en los que la señal descendente activa los bloques de canales contratados, pero ya existen sistemas automáticos de cable bidireccionales en los que ambas direcciones se utilizan en el mismo cable, en donde los convertidores de los abonados solicitan cierto tipo de servicio, como el sistema de pago por evento de cable en sentido ascendente desde los abonados hasta el terminal central. También existen sistemas de alarma domésticos contra el robo, facturación, encuestas y venta a domicilio, en donde la señal es transmitida en la línea de retorno del sistema de cable. Sin embargo, son necesarios amplificadores separados para la señal ascendente, como muestra la figura 8.3. La comunicación en sentido ascendente se efectúa en la banda de frecuencias comprendida entre 5 y 30 MHz.

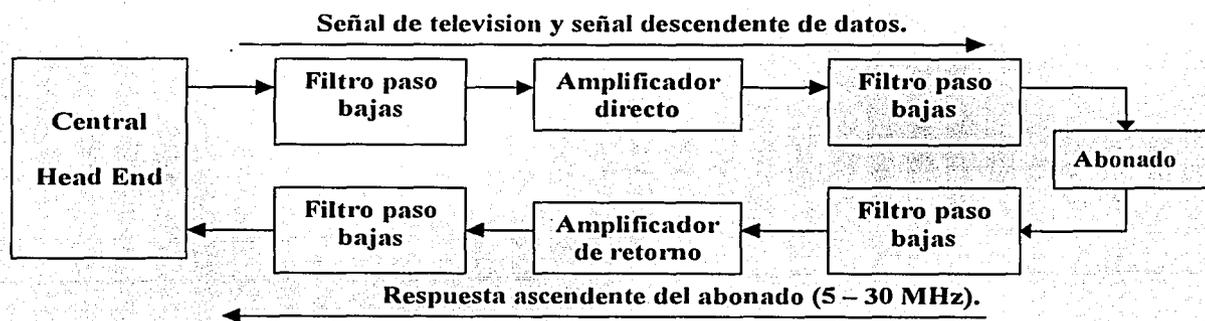


Figura 8.3

Pago por evento.- Existe el sistema que se llama "pago por evento" en el cual algunos canales o frecuencias son codificados de tal manera de poder comercializarlos de manera diferente.

El sistema de pago por evento requiere del envío de una señal con cierto código descendente para comunicar únicamente con las unidades apropiadas del convertidor. La frecuencia de la señal escrutadora está en el rango de los 107 a 119 MHz. En esta señal se utiliza la modulación discreta por variación de frecuencia (FSK), con una palabra de 16 bits para diferenciar una dirección particular. Cuando el convertidor es consultado, replica con los datos establecidos indicando en la central la solicitud del suscriptor. Este modulador del convertidor funciona en el rango de los 5 a 30 MHz para emitir la señal ascendente. Cuando el suscriptor requiere de cierto servicio, la central envía una señal codificada en sentido descendente para activar el decodificador del convertidor del abonado, en el canal correcto y a la hora especificada (figura 8.3), simultáneamente en la computadora central se hace la facturación.

En el convertidor se tiene una memoria de sólo lectura (ROM) con una dirección digital para cada abonado que no puede ser cambiada y permite reconocer al equipo y al suscriptor. En el caso de fraude o robo del convertidor, la dirección electrónica aparecerá en el sistema en una posición errónea.

En la actualidad el servicio de pago por evento consiste en liberar algún programa codificado bajo cierto costo. En un futuro no muy lejano el servicio de pago por evento incluirá la selección de la programación del suscriptor; de esta forma él mismo podría seleccionar toda la programación del día desde su control conectado a la central.

8.2.- CANALES Y FRECUENCIAS.

- La principal ventaja de la televisión por cable radica en que los canales pueden ser acomodados en diferente asignación de canal a diferencia de la televisión convencional; es decir, que las asignaciones oficiales de los canales comerciales pueden cambiar en un sistema de canales por cable. Además de que la señal por lo general es de mejor calidad, dado que estos sistemas son inmunes a la interferencia.

Canal TVC.- Se le llama al canal de televisión, video y audio asociados o datos que son transmitidos por medio de un sistema de televisión por cable.

Nivel mínimo utilizable.- El nivel mínimo de la señal proveniente de las estaciones de televisión que podrá ser utilizado para su distribución en los sistemas de televisión por cable, deberá ser de -10 dBmV.

La distribución por cable tiene asignado el ancho de banda de los 7 a los 456 MHz, dividido en 7 bandas con canales de 6 MHz, las cuales tienen asignados los siguientes rangos de frecuencia:

1).- SubBanda	7 – 54	MHz
2).- Banda baja	54 – 90	MHz
3).- Banda intermedia	90 – 120	MHz
4).- Banda media	120 – 174	MHz
5).- Banda alta	174 – 216	MHz
6).- Superbanda	216 – 300	MHz
7).- Hiperbanda	300 .- 456	MHz

Las principales bandas utilizadas para transmitir canales son la banda media y la superbanda con la idea de ser lo más compatible posible con la señal de televisión terrestre.

Canales de banda media y superbanda de cable.- Dado que la señal de cable no se radia, este sistema puede utilizar un amplio rango de frecuencias que están asignadas a otros servicios, como la radio, sin riesgo de interferencia. Por lo tanto, los canales de banda media de cable son utilizados en el espacio no ocupado entre los canales 6 y 7 de VHF. Estas frecuencias de 88 a 174 MHz incluyen la banda (88 a 108 MHz) de radiodifusión FM más varios servicios de comunicaciones marítimos y aéreos. Aunque normalmente la banda de radio FM no se utiliza para los canales de CATV.

Superbanda.- Es la banda comprendida entre los 216 y los 300 MHz.

Dado que la mayoría de los receptores de Televisión, no tiene un sintonizador de RF que esté diseñado para seleccionar los canales de banda media y superbanda del cable, el operador del cable provee un convertidor, el cual convierte todas las frecuencias del cable a un canal VHF dado, normalmente el canal

3 ó el canal 4. El abonado mantiene al receptor sintonizado en ese canal como sucede con las videocaseteras y toda la selección de canales se hace en el convertidor.

Los canales de UHF son convertidos a canales de VHF para la distribución a causa de que las pérdidas en el cable son demasiado elevadas en la banda UHF.

Existe una gran posibilidad de que el ancho de banda para CATV crezca; esto debido a que la señal no interfiere con la señal de difusión normal; por lo tanto, podría utilizarse toda la banda de transmisión de televisión sin afectarla.

Canales armónicamente relacionados (HRC).- Los sistemas de cable tienen la opción de funcionar ligeramente fuera de las frecuencias asignadas a la difusión de televisión. Si se observa la tabla 8.1 se nota que las frecuencias portadoras de imagen son múltiplos de 6 MHz y los canales siguen el patrón de un canal convencional del sistema NTSC /M. Esto hace que los circuitos en el convertidor sean lo más simples y se eviten problemas con los canales de radiodifusión convencionales.

En la actualidad ya existen receptores equipados para la recepción por cable; incluyen un sintonizador que puede seleccionar los canales de banda media o superbanda de cable de manera directa sin necesidad de un convertidor. Aunque los servicios de pago tienen una señal que es codificada electrónicamente y los circuitos necesarios para decodificar la señal están incorporados en el convertidor.

FRECUENCIAS ASIGNADAS PARA LOS CANALES DE TELEVISION POR CABLE

CANAL ESTANDAR		PORTADORA DE IMAGEN (MHz)	CANAL (MHz)	CANAL ESTANDAR	PORTADORA DE IMAGEN (MHz)	CANAL (MHz)
SUB-BANDA			SUPERBANDA			
T-7		7.00	7 - 13	23	J	217.25
T-8		13.00	13 - 19	24	K	223.25
T-9		19.00	19 - 25	25	L	229.25
T-10		25.00	25 - 31	26	M	235.25
T-11		31.00	31 - 37	27	N	241.25
T-12		37.00	37 - 43	28	O	247.25
T-13		43.00	43 - 49	29	P	253.25
T-14		49.00	49 - 54	30	Q	259.25
BANDA BAJA			31	R	265.25	264 - 270
2		55.25	54 - 60	32	S	271.25
3		61.25	60 - 66	33	T	277.25
4		67.25	66 - 72	34	U	283.25
5		79.25	78 - 84	35	V	289.25
6		85.25	84 - 90	36	W	295.25
BANDA INTERMEDIA			HIPERBANDA			
95	A-5	91.25	90 - 96	37	AA	301.25
96	A-4	97.25	96 - 102	38	BB	307.25
97	A-3	103.25	102 - 108	39	CC	313.25
98	A-2	109.25	108 - 114	40	D	319.25
99	A-1	115.25	114 - 120	41	EE	325.25
BANDA MEDIA			42	FF	331.25	330 - 336
14	A	121.25	120 - 126	43	GG	337.25
15	B	127.25	126 - 132	44	HH	343.25
16	C	133.25	132 - 138	45	II	349.25
17	D	139.25	138 - 144	46	JJ	355.25
18	E	145.25	144 - 150	47	KK	361.25
19	F	151.25	150 - 156	48	LL	367.25
20	G	157.25	156 - 162	49	MM	373.25
21	H	163.25	162 - 168	50	NN	379.25
22	I	169.25	168 - 174	51	OO	385.25
BANDA ALTA			52	PP	391.25	390 - 396
7		175.25	174 - 180	53	QQ	397.25
8		181.25	180 - 186	54	RR	403.25
9		187.25	186 - 192	55	SS	409.25
10		193.25	192 - 198	56	TT	415.25
11		199.25	198 - 204	57	UU	421.25
12		205.25	204 - 210	58	VV	427.25
13		211.25	210 - 216	59	WW	433.25
				60	XX	439.25
				61	YY	445.25
				62	ZZ	451.25

Tabla 8.1

8.3.- MEDIOS DE TRANSMISION.

Existen tres medios principales para transmitir una señal de televisión por cable, que son:

- a).- Con cable coaxial.
- b).- Fibra óptica.
- c).- Microondas.

8.3.a).- Cable coaxial para CATV.- Este tipo de cable es utilizado para la distribución de las señales de CATV. Existen principalmente dos tipos de cable coaxial utilizados; el RG6 y RG11 para troncales y líneas de distribución y el RG59 para acometidas. Los cuales varían tanto en el diámetro del conductor central como en sus características.

Radiación del cable.- La radiación del sistema de CATV a través del cable no deberá sobrepasar los siguientes niveles:

- a).- No será mayor de $15 \mu\text{V/m}$, medida a una distancia de 30 metros para frecuencias de 0 a 54 MHz y mayores a 216 MHz.
- b).- No será mayor de $20 \mu\text{V/m}$, medida a una distancia de 3 metros en frecuencias comprendidas entre 54 y 216 MHz.

Para detectar esta radiación, algunas veces se utiliza un canal de la banda para transmitir una señal FM para indicar la intensidad de la misma. Entonces se utiliza un aparato receptor de radio de FM en el camión de servicio para localizar cualquier radiación a lo largo de la ruta del cable.

Algunos canales de banda media son particularmente sensibles al problema de la radiación. Por ejemplo, la banda correspondiente al canal A o 14 incluye las frecuencias de peligro, aéreo de 121,5 MHz. Las operaciones de cable no deben utilizar este canal cuando exista alguna posibilidad de interferencia.

Existe una diversidad de cables que son utilizados para las diferentes derivaciones del sistema de CATV. Las rutas principales de la señal desde la central también son llamadas líneas de enlace y pueden ser aéreas, subterráneas o subacuáticas, están provistas de una camisa impermeable de polietileno y también existen cables acorazados con una espiral de alambre de acero. El tipo de cable comúnmente utilizado para líneas de enlace consiste en un conductor grueso central de $\frac{3}{4}$ " (19.1 mm) de aluminio recubierto de cobre, el blindaje exterior es también de aluminio, el espacio interior está relleno de espuma de polietileno. Otros tipos de cable son huecos con el interior del cable relleno de bolitas de plástico. En algunos casos el cable es presurizado con gas para prevenir la introducción de la humedad.

En algunos sistemas, se combinan dos cables en una sola camisa exterior. Estos se denominan cables siameses. Se pueden utilizar en sistemas de dos cables en que cada uno transporta diferentes programas en el margen de los canales 2 al 13; de esta manera el sistema tiene capacidad de 24 canales sin necesidad de convertidor de cable. El abonado puede emplear un conmutador de dos posiciones para elegir uno u otro sistema del servicio de cable con 12 canales cada uno.

En algunos casos la red de distribución utiliza un cable adicional de acero llamado cable mensajero que sirve como soporte del cable de señal; esto con el propósito de que el cable no tienda a colgarse por su propio peso. Este tipo de cable se utiliza principalmente en los casos de una instalación aérea o por postes.

Características físicas:

El cable coaxial RG59U se utiliza normalmente para la conexión de las acometidas. Este es un cable flexible que tiene una malla o blindaje exterior de cobre. Su diámetro es de 1/4 pulgada (6.35 mm), incluyendo el forro exterior de polietileno que impermeabiliza al cable; como se muestra en la figura 8.4

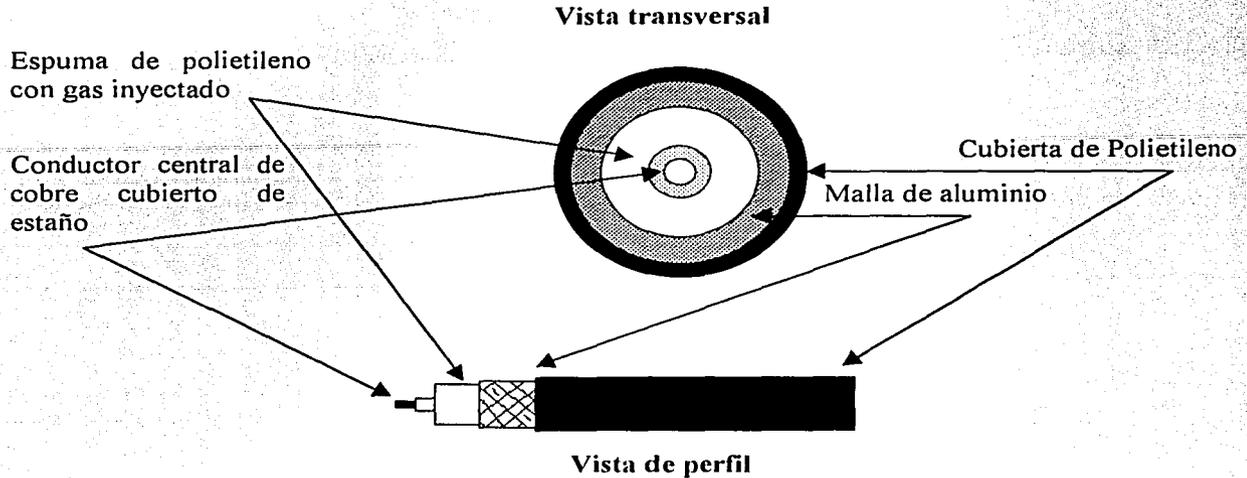


Figura 8.4

Existe una diversidad de cables coaxiales en el mercado; los más usados son el RG11 para líneas troncales, el RG6A para líneas de distribución y el RG59 para las acometidas. Estos cables varían en construcción con respecto a los materiales y diámetro de los mismos, lo que hace variar sus características. Una diferencia es la atenuación por características del cable a ciertas frecuencias, como se muestra en la tabla 8.2:

PERDIDAS DE LOS CABLES COAXIALES MAS USADOS

TIPO DE CABLE	TIPO DE CUBIERTA	PERDIDAS A 100 MHz (dB/100 ft)	PERDIDAS A 1,450 MHz (dB/100 ft)	Impedancia (Ω)
RG 59	Malla de cobre	3.4	11.0	75
RG 6 ^a	Lámina y alambre	2.7	8.7	75
RG 11	Lámina y alambre	2.3	7.0	75

Tabla 8.2

Características eléctricas:

Impedancia característica (Z_0).- El cable coaxial es una línea de transmisión; es decir, es una línea con separación uniforme entre dos conductores. Toda línea de transmisión tiene una impedancia característica. El cable coaxial utilizado para CATV en general, especialmente el RG59U, tiene una impedancia característica de 72 a 75 Ω .

La Z_0 se obtiene de la siguiente ecuación:

$$Z_0 = \sqrt{\frac{L}{C}} \Omega$$

Donde:

- Z_0 .- Es la impedancia característica [Ω].
- L.- Es la inductancia [H/m].
- C.- Es la capacitancia [F/m].

La impedancia Z_0 es una característica de un tipo particular de línea; su valor depende del diámetro de los conductores, de su separación y del tipo de aislante entre ellos y se obtiene de la siguiente forma:

$$Z_0 = \sqrt{\frac{1}{\epsilon_r}} \left(138 \log \frac{D}{d} \right) \Omega$$

Donde:

- d .- Es el diámetro del conductor interior.
- D .- Es el diámetro del conductor exterior.
- ϵ_r .- Es la permitividad del dieléctrico.

Por ejemplo, tomando el valor para el cable coaxial RG- 59U de 1/4 pulgada con el hilo de galga No 18, $d = 0.04$ " , $D = 0.25$ " y el valor de $\sqrt{\frac{1}{\epsilon_r}} = 0.66$ para el dieléctrico de plástico o espuma. Entonces se tiene:

$$Z_0 = 0.66 \times (138 \log (0.25/0.04)) = 72.48 \Omega$$

Este factor explica por qué las líneas de distribución de televisión por cable (CATV) deben estar siempre terminadas con una impedancia característica, que generalmente es de 75Ω .

Enlaces de larga distancia.- Cuando los sistemas grandes de CATV suelen cubrir largas distancias, se utilizan los llamados *superenlaces*, los enlaces de microondas y los enlaces de fibra óptica.

Superenlaces.- En este método, se utilizan cables largos y los canales de cable son heterodinados para obtener frecuencias más bajas. Ambas técnicas reducen las pérdidas del cable. En este tipo de sistema de CATV los canales de cable son cambiados de 6 a 78 MHz en el convertidor descendente. Las pérdidas del cable en el superenlace se reducen a frecuencias más bajas, proporcionalmente a la raíz cuadrada de la frecuencia.

Como línea de superenlace se utiliza un cable especial con pocas pérdidas; por ejemplo, el cable coaxial de 1 pulgada (25.4 mm) con discos aislantes el cual tiene una atenuación de sólo 0.32 dB por cada 100 pies (30.5 m) a una frecuencia de 78 MHz; esto permite colocar los amplificadores a mayor distancia.

8.3.b).- Fibra Óptica.- Una de las grandes ventajas del uso de la fibra óptica es que la señal viaja a la velocidad la luz 300,000 Km/s sin tener problemas de interferencia; además de que el peso del conductor es mínimo. Un simple cable de fibra óptica puede teóricamente transportar trillones de bits de información cada segundo.

Comparado con un cable coaxial la fibra óptica tiene las siguientes ventajas:

- 1).- Tiene mucha mayor capacidad para llevar información, varios cientos de veces más que un cable normal de cobre.
- 2).- Tiene una atenuación (pérdida de la señal) muy baja y uniforme sobre un amplio rango de frecuencia.
- 3).- Es virtualmente inmune a todo tipo de interferencia.
- 4).- No produce radiación, no tiene problemas de fuga de información, ni causa interferencia a otras señales.
- 5).- No la afectan las variaciones de temperatura.
- 6).- Es extremadamente pequeño.
- 7).- No se deteriora en clima adverso ni en agua, ni tiene problemas con la humedad o salitre.
- 8).- Tiene un bajo costo.
- 9).- Los cables de fibra óptica son más livianos y mucho más fáciles de transportar e instalar.
- 10).- No tiene pérdidas por inserción, y prescinde en gran manera de amplificadores.

En un futuro no muy lejano todo el cableado telefónico será cambiado a fibra óptica y las transmisiones de video serán de mayor calidad tanto en servicios como en calidad de imagen. Es por esto, que el futuro de la televisión por cable es la transmisión por fibra óptica.

8.3.c).- Enlace de Microondas.- La ventaja de las microondas es que no necesitan sistemas muy complejos ni cableados, pero la desventaja es que deben tener línea de vista o una trayectoria sin obstrucciones, puesto que la señal se puede degradar por lluvia, granizo o nieve (figura 8.5).

Las asignaciones de las frecuencias por la FCC, permiten el funcionamiento de las microondas en la banda de los 12.7 a los 13.2 GHz. Las estaciones repetidoras de este tipo se denominan estaciones de servicio de antena colectiva (CARS).

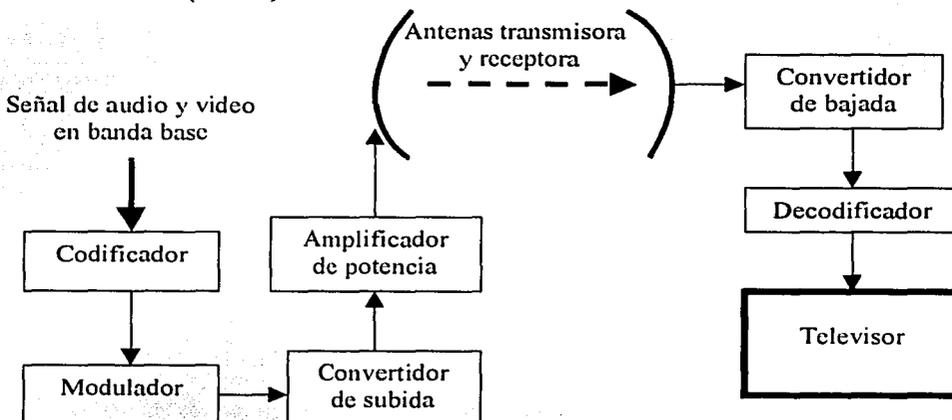


Figura 8.5

La ventaja de la transmisión de microondas es que se pueden utilizar antenas de disco reflector parabólico para obtener muy alta ganancia con un haz muy estrecho. La salida típica del transmisor de potencia es 30 dBmW. Una desventaja es que para cada canal de cable se utiliza un transmisor y un receptor.

Un enlace entre dos antenas de microondas será óptimo cuando ambas estén perfectamente alineadas sin obstáculos entre ellas.

Si se presenta algún obstáculo entre las antenas, se puede variar la altura de la antena receptora siempre que quede dentro de la 1ª zona de Fresnel de la antena transmisora.

El radio de la 1ª zona de Fresnel se calcula con:

$$F = 72.1 \sqrt{\frac{d_1 d_2}{fL}}$$

Donde:

- F.- Es el radio de la zona de Fresnel [ft].
- d₁.- Es la distancia de la antena transmisora al obstáculo [Millas].
- d₂.- Es la distancia del obstáculo a la antena receptora [Millas].
- f.- Es la frecuencia [GHz].
- L.- Es la distancia total d₁+d₂ [Millas].

8.4.- DISPOSITIVOS DE DISTRIBUCION DE LA SEÑAL.

8.4.1- AMPLIFICADORES.

.- Se utilizan para ajustar la señal durante el trayecto de la troncal hasta los derivadores, su función es amplificar y compensar las pérdidas de la señal en el cable. Existen varios tipos de amplificadores que son:

8.4.1.1).- Amplificadores de enlace/troncal.- Son amplificadores de bajo ruido, con bajas distorsiones y que operan con niveles relativamente bajos. Estos están insertados a intervalos regulares a lo largo del cable para compensar las pérdidas. La unidad que se utiliza para las señales del cable es decibelios por encima de 1 mV (dBmV). A intervalos regulares se sitúan amplificadores para conservar la señal de manera que mantenga el nivel estándar de 1 a 3 mV.

8.4.1.2).- Amplificadores de puente.- Este tipo de amplificador tiene una alta impedancia de entrada y alimenta una rama de abonado desde la línea de enlace. La ganancia típica es de 20 a 40 dB. En algunos casos, los amplificadores de enlace y de puente están colocados en la misma caja a la intemperie. Algunas veces se utiliza un atenuador adicional en la entrada al amplificador de puente para equilibrar los niveles de señal.

8.4.1.3).- Amplificadores de línea.- Estos amplificadores son insertados en el cable como uniones para compensar la atenuación en los tramos largos de la línea entre amplificadores tipo puente. Cada amplificador incluye un equalizador que compensa los incrementos de atenuación con la frecuencia. También se pueden utilizar estos amplificadores como extensión de línea que se insertan en la línea de abonado, para compensar las pérdidas en ella. Este amplificador permite aumentar las líneas de abonado o acometidas que se pueden derivar de una extensión de una línea de enlace. La ganancia típica es también de 20 a 40 dB.

8.4.1.4).- Amplificador troncal/puente.- Es un amplificador de bajo ruido tipo troncal y amplificador puente, donde se deriva parte de la señal de la red troncal para alimentar al amplificador tipo puente, el cual se caracteriza por niveles relativamente altos de operación, con varias salidas de distribución.

Ganancia de respuesta en frecuencia.- La ganancia normal de los amplificadores no es constante entre los 50 y los 450 MHz, tomando en cuenta que las pérdidas del cable aumentan entre amplificadores desde 6.9 dB en 50 MHz a 20 dB en 450 MHz.

Amplificadores en cascada.- Es una conexión de los amplificadores en la que se utiliza la salida de uno de ellos para alimentar la entrada del siguiente. En este caso, los amplificadores son alimentados por un voltaje de c.d. insertado en la línea principal. En el amplificador se tiene la opción de bloquear el voltaje para alimentar al siguiente o no (figura 8.6).

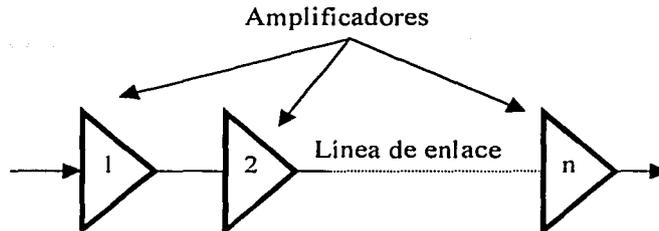


Figura 8.6

Fuentes de alimentación.- El voltaje transmitido para activar a los amplificadores es de 24 V de c.c. y proviene de fuentes de alimentación colocadas a lo largo de las líneas de enlace las cuales también sirven como transporte para dicho voltaje, estas fuentes son conectadas a la línea de energía de 120 V de c.a. del mismo poste.

Espaciamiento.- Se le llama a la longitud del cable entre amplificadores de acuerdo a la ganancia de los mismos para contrarrestar las pérdidas del cable en el canal más alto transmitido por el sistema, dado que el canal más alto en frecuencia es el que tiene mayor pérdida.

Distorsión y modulación cruzada.- La distorsión a lineal en la señal de video genera una señal con puntos blancos y negros debido a la saturación de los amplificadores.

Otro efecto es la modulación cruzada en la que las frecuencias se suman o se restan. Por ejemplo, dos canales en 60 y 66 MHz, al haber modulación cruzada producen canales falsos en 6 y 126 MHz.

Los niveles de requeridos de la relación del nivel de la señal de video con respecto a productos de intermodulación, distorsiones de segundo y tercer orden o señales interferentes en frecuencias discretas:

- a).- No será menor de 51 dB para sistemas no coherentes
- b).- No será menor de 48 dB para sistemas coherentes.

La forma de calcular la distorsión para amplificadores en cascada, esta determinada por la regla de los 3/2 de la siguiente manera

$$D = [d_1^{3/2} + d_2^{3/2} + d_3^{3/2} + \dots]^{2/3}$$

Donde:

- D.- Es la distorsión generada por el conjunto de amplificadores en cascada.
- d.- Es la distorsión generada por determinado amplificador.

Relación señal a ruido para amplificadores en cascada.- La relación señal a ruido expresada en dB para n amplificadores en cascada del mismo tipo es:

$$\frac{S_n}{N_n} = \frac{S_o}{N_o} - 10 \log n$$

Donde:

$\frac{S_n}{N_n}$.- Relación señal a ruido del conjunto de amplificadores [dB].

$\frac{S_o}{N_o}$ a.- Relación señal a ruido de un amplificador [dB].

n .- La cantidad de amplificadores conectados en cascada.

De la siguiente tabla se puede obtener la calidad de la señal con respecto al nivel de la relación señal a ruido del sistema (tabla 8.3).

CALIDAD DE LA IMAGEN CON RESPECTO A LA RELACION SEÑAL A RUIDO

CALIDAD DE IMAGEN	S/N
Excelente (sin nieve)	45 dB
Buena calidad (con poca nieve)	35 dB
Aceptable.	29 dB
Regular (bastante nieve en la imagen)	25 dB

Tabla 8.3

La forma para obtener la figura de ruido, en las diferentes etapas para amplificadores en cascada es:

$$F = \frac{S_e}{S_s} = F_1 + \frac{F_2 - 1}{G_1} + \dots + \frac{F_n - 1}{G_1 G_2 G_3 \dots G_{n-1}}$$

Donde:

S_e .- Relación señal a ruido de entrada [dB].

S_s .- Relación señal a ruido de salida [dB].

F .- La figura de ruido del o los amplificadores conectados en cascada.

n .- La cantidad de amplificadores conectados en cascada.

G .- La ganancia del amplificador.

8.4.2.- ACOPLADORES.

Estos equipos regulan la potencia de la señal de la línea de enlace que se debe mantener en niveles muy bajos para que la línea no se cargue por todas las acometidas y el sistema pueda producir radiaciones.

Acopladores direccionales.- Es un dispositivo pasivo utilizado para derivar la señal en varias trayectorias con diferentes niveles de atenuación, normalmente consta de tres terminales. Una de ellas es la entrada de señal, la segunda transporta la señal a través de la línea de enlace y la tercera deriva la señal de salida.

Los acopladores direccionales tienen una **pérdida de inserción** muy pequeña entre las señales de entrada y salida de la línea de enlace. El valor típico por pérdidas por inserción es de 1 dB para los 300 MHz. La **pérdida de derivación** desde la entrada hasta la salida es normalmente de 13 dB, pero esta es compensada posteriormente en el amplificador tipo puente (figura 8.7).

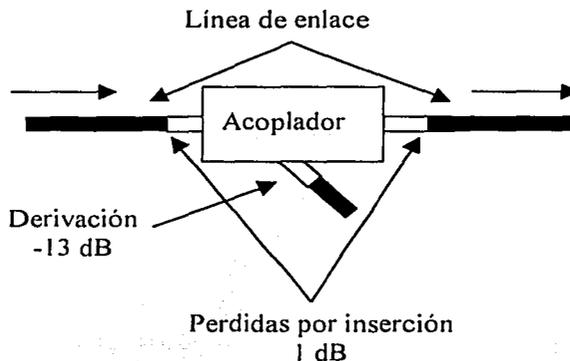


Figura 8.7

8.4.3.- CONVERTIDORES.

- Un convertidor es un dispositivo que se utiliza para cambiar las frecuencias de un determinado canal de televisión. Por ejemplo: el canal 13 que va de 210 a los 216 MHz se convierte al canal 3 que va de los 60 a los 66 MHz; esto implica restar 150 MHz a las frecuencias originales (figura 8.8).

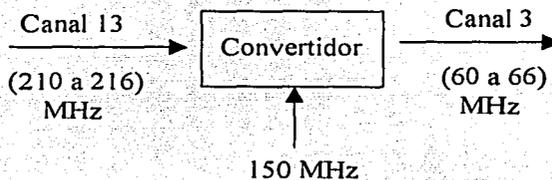


Figura 8.8

8.4.3.1).- Convertidores bidireccionales.- Este es un dispositivo doble de heterodinación, primeramente son heterodinados los canales de cable hasta la banda de UHF de 374 a 380 MHz ó de 608 a 614 MHz. Después la señal de FI es convertida a una frecuencia más baja de cualquiera de los canales 3 ó 4.

8.4.3.2).- Convertidor (Set Top).- Estos convertidores son los usados actualmente en sistemas de CATV bidireccionales y proveen una interfase entre el sistema de cable y el receptor estándar de televisión. Su principal función es la de cambiar la frecuencia de los canales del sistema de cable y sintonizarlos a una salida de canal dentro del rango de los canales de difusión directa, esto permite poder utilizar tantos canales en ese rango de frecuencia, es decir, utiliza la banda de canales que puede detectar el aparato receptor sin hacer cambios de frecuencias en los canales.

8.4.4.- DERIVADOR.

- Es un dispositivo que deriva una pequeña parte de la energía de la señal de televisión a la línea de acometida desde la línea de distribución. Existen derivadores con diferentes salidas y con varios valores de pérdidas (figura 8.9), esto con la idea de equilibrar los niveles de las diferentes ramas o acometidas.

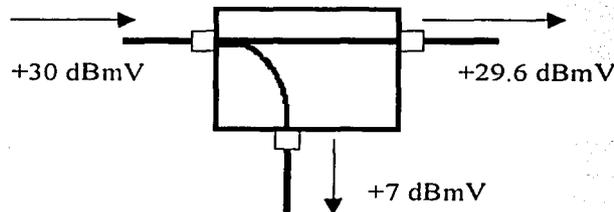


Figura 8.9

8.4.5.- DIVISOR.

- Es un dispositivo el cual divide por lo general a la señal en igual proporción de ganancia, hacia dos o más salidas. Algunas veces se llegan a utilizar en sentido inverso como combinadores (figura 8.10).

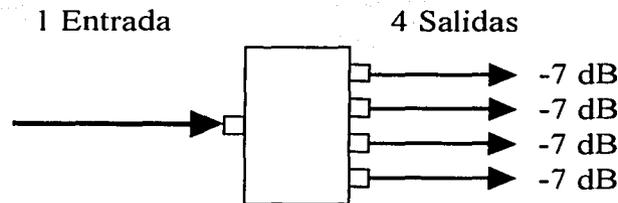


Figura 8.10

En teoría para N salidas, cada salida tiene una pérdida = $10 \log N$ [dB], en la práctica la pérdida es un poco mayor.

8.4.6.- ATENUADOR.

- Es un dispositivo que se utiliza para disminuir la amplitud de la señal de televisión, normalmente se ocupa del derivador a las acometidas en sistemas no automáticos de CATV.

8.4.7.- COMBINADOR.

- Es un dispositivo multiplexor que se utiliza como la salida de la central hacia la troncal para nivelar y combinar en la salida los canales del sistema de CATV (figura 8.11).

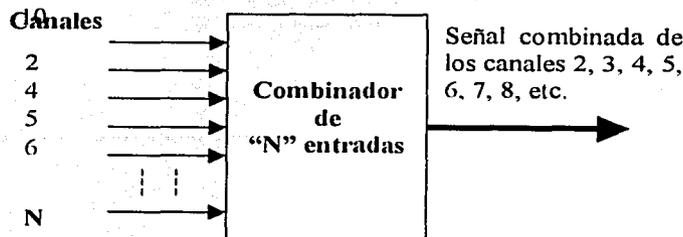


Figura 8.11

8.5.- TRAMPAS DE ONDA Y METODOS DE CODIFICACION.

.- Existen varias formas de bloquear la señal del servicio de pago por evento; las principales son el uso de trampas de onda o la codificación de la señal.

8.5.1.- Trampas de onda.- En los sistemas manuales de CATV se utilizan derivadores que atenúan la señal del o los canales de pago. Estas son insertadas en los postes en la línea de alimentación a cada uno de los abonados que no tiene servicio de pago. Este método no se utiliza mucho porque requiere trabajar en el poste para cambiar el servicio cada vez que se solicite. Además, las trampas pueden ser desacopladas o puenteadas por el abonado.

8.5.2.- Codificación.- Con la entrada de los sistemas bidireccionales el método que se utiliza es el de codificación o inversión de frecuencia de la señal. El método utilizado para codificar la señal es el de supresión de sincronismo, el cual deforma la imagen haciéndola ininteligible.

8.5.3.- Decodificación.- En este proceso lo que se hace es restaurar el sincronismo para que la señal se restablezca y pueda ser visualizada, mediante la activación del convertidor por medio de una clave desde la central.

Decodificador en banda.- Este tipo de decodificador se encuentra integrado dentro del convertidor y lo que permite es que el operador pueda ofrecer tantos canales codificados como desee activándolos desde la central.

8.6.- PERDIDAS O ATENUACION EN LA SEÑAL DE CATV.

.- En el trayecto la señal se atenúa por diferentes razones, esta atenuación es producida por diferentes factores (frecuencia, temperatura, distancia del cable, etc.). La energía no se pierde; se transforma en calor. Se le llama pérdida a este fenómeno porque no podemos convertir el calor otra vez en video.

El elemento responsable de las pérdidas es la resistencia de los conductores y de los dieléctricos. La resistencia del conductor se debe a:

- a).- La resistividad.
- b).- La longitud.
- c).- El calibre.
- d).- El efecto pelicular debido a la frecuencia.

La forma de calcular las pérdidas provocadas por estas causas es de la siguiente manera:

8.6.1.- Las pérdidas por aumento de la frecuencia. Las pérdidas aumentan de modo directamente proporcional a la raíz cuadrada del aumento de la frecuencia, es decir, a mayor frecuencia mayores pérdidas. Si la frecuencia aumenta en 4 veces las pérdidas aumentan al doble. Es por eso que la banda de UHF tiene mayores pérdidas que la banda de VHF. Esto se calcula mediante la siguiente ecuación:

$$\Delta P = \sqrt{\Delta f}$$

Donde:

P = Pérdidas [dB].

f = Frecuencia [Hz].

O cuando tenemos algún valor para otra frecuencia se pueden obtener de la siguiente forma:

$$Pf_1 = Pf_2 \times \sqrt{\frac{f_1}{f_2}}$$

Donde:

Pf_1 .- Pérdidas en la frecuencia 1 [dB].

Pf_2 .- Pérdidas en la frecuencia 2 [dB].

f_1 .- Frecuencia 1 [MHz].

f_2 .- Frecuencia 2 [MHz].

En la tabla 8.4 se ilustran las pérdidas a diferentes frecuencias para diferentes grosores de cable.

PERDIDAS DE LOS CABLES DE ENLACE Y DE DISTRIBUCION
(dB/100 pies a 68 °F) (20 °C)

FRECUENCIA (MHz)	T4412	T4500	T4625	T4750	T4875	T41000*
5	0.19	0.16	0.13	0.11	0.09	0.08
50	0.62	0.51	0.41	0.34	0.30	0.27
240	1.39	1.14	0.93	0.78	0.68	0.62
300	1.56	1.29	1.05	0.88	0.77	0.70
400	1.81	1.50	1.22	1.03	0.90	0.83
500	2.04	1.69	1.38	1.17	1.02	0.94

Tabla 8.4

8.6.2.- Pérdidas por longitud del cable.- Las pérdidas en el cable expresadas en decibeles son proporcionales a la longitud. Si un fabricante dice que su cable tiene una pérdida de 2 dB/100m, en 1 Km tendrá (2 dB/100m) x (1,000 m) = 20 dB. Cada 3 dB de pérdida equivalen a que se pierde la mitad de la potencia.

8.6.3.- Efectos de la temperatura.- Existen diferentes factores que se deben considerar debido los cambios que se presentan con las variaciones de la temperatura, estos son:

- a).- **Pérdidas por variaciones de la temperatura.-** Las características de los cables coaxiales cambian en función de la temperatura, el valor de referencia se considera a la temperatura ambiente de 20° o 68°F, es decir, los cables aumentan sus pérdidas con el aumento de temperatura. Se considera que el cable coaxial atenúa en un 1% de pérdidas por cada 10°F, esto esta dado de la siguiente forma:

$$P \text{ [dB]} = Pa \text{ [dB]} \times (\Delta P\%) = Pa \text{ [dB]} \times (\Delta T\%)$$

Donde:

P .- Pérdidas en el cable [dB].

Pa .- Pérdidas del cable a temperatura ambiente [dB a 68°F].

$\Delta P\%$.- Porcentaje de cambio en las pérdidas del cable o de atenuación = $\Delta T\%$

$\Delta T\%$.- Porcentaje de cambio en la temperatura del cable

Por ejemplo.- Si tenemos un cable coaxial con pérdidas de 22 dB a 68°F y la temperatura disminuye 20°F. Las pérdidas en el cable serán:

Cambio de la temperatura (ΔT)	= 68°F - 20°F = 48°F
Porcentaje de atenuación ($\Delta T\%$)	= 48°F / 10°F = 4.8%
Cambiando el porcentaje a decibeles	= 0.048 x 22dB = 1.056
De esta forma el resultado final (P) es	= 22 dB - 1.056 dB = 20.944 dB

Si se utilizan amplificadores de ganancia constante la salida será de +1.056 dB mayor debido a que la temperatura descendió. Actualmente se utilizan amplificadores que cuentan con un sistema de compensación térmico eliminando cualquier cambio en el nivel de la señal.

b).- **Variaciones de la resistencia de lazo.**- Existe otro parámetro relacionado con la variación de la temperatura y es la resistencia de lazo, que se calcula con la siguiente fórmula:

$$R_r [\Omega/1000 \text{ ft}] = R_{ra} [\Omega/1000 \text{ ft en } T_a] \times (1 + 0.0022 \times (\Delta T - 68^\circ\text{F}))$$

Donde:

- R_r.- Resistencia de lazo [$\Omega/1000 \text{ ft en } T$].
- R_{ra}.- Resistencia de lazo [$\Omega/1000 \text{ ft a } 68^\circ\text{F}$].
- ΔT .- Incremento en la temperatura [$^\circ\text{F}$].

Por ejemplo.- Si tomamos un cable coaxial con una resistencia de lazo de 0.76 $\Omega/1000 \text{ ft}$ a 68°F y si la temperatura se incrementa 98°F tenemos:

$$R_r = 0.76 \times (1 + 0.0022 (98^\circ\text{F} - 68^\circ\text{F})) = 0.76 \times (1 + 0.0022 (30)) = 0.76 \times 1.066 = 0.81 [\Omega/1,000 \text{ ft}]$$

Este valor normalmente se obtiene de tablas del fabricante, como lo ilustra la siguiente tabla comparativa para cables con conductor central de aluminio y cobre a diferentes calibres (tabla 8.5). De la tabla se observa que a mayor diámetro del conductor central, menores serán las pérdidas del cable coaxial.

**COMPARACION DE LA RESISTENCIA DE LAZO PARA CABLE COAXIAL
[$\Omega/1000 \text{ FT EN } 68^\circ\text{F}$]**

Diámetro externo (pulgadas)	Conductor central de cobre sólido	Conductor central de cobre cubierto de aluminio
0.412	1.75	1.93
0.500	1.23	1.68
0.750	0.56	0.76

Tabla 8.5

La variación de la resistencia por temperatura provoca variación de pérdidas y de impedancia característica.

c).- **Contracción y expansión en el cable.**- El cable debido a los cambios en la temperatura se expande y se contrae, por lo general el cable coaxial está hecho de aluminio, el cual tiene un factor de crecimiento lineal aproximadamente $13.33 \times 10^{-6} / ^\circ\text{F}$, el factor de expansión esta dado por:

$$\Delta l \text{ [ft]} = \alpha \times (le) \times \Delta T$$

Donde:

Δl .- Incremento de elongación o expansión [ft].

α .- Factor de crecimiento lineal [$1/^\circ\text{F}$].

ΔT .- Incremento en la temperatura [$^\circ\text{F}$].

le .- Largo del conductor antes de la expansión [ft].

Por ejemplo.- Si se tiene un cable de aluminio de 2000 ft y la temperatura se incrementa en 40°F , la expansión será la siguiente:

$$\Delta l = (13.33 \times 10^{-6} / ^\circ\text{F}) \times (2000\text{ft}) \times (40^\circ\text{F}) = 1.0664 \text{ [ft]}.$$

8.6.4.- **Pérdidas por retorno.**- Es la pérdida que se produce por el retorno de la señal en el cable y es la relación entre la potencia incidente y la potencia reflejada, se debe a desacoplamiento (diferencia) entre la impedancia característica del cable y la impedancia de carga.

$$\text{PR} = 10 \text{ Log} \left[\frac{P_I}{P_R} \right]$$

Donde:

PR .- Pérdidas por retorno [$\Omega/1000 \text{ ft}$ en T].

P_I .- Potencia incidente [W].

P_R .- Potencia reflejada [W].

ESTA TESIS NO SALE
DE LA BIBLIOTECA

8.6.5.- **Perdidas por inserción.**- Existen pérdidas en la señal cuando se inserta un dispositivo pasivo, tales como acopladores, derivadores, divisores, etc. Esta pérdida normalmente es de 1dB y es igual a la diferencia en el nivel de señal entre la entrada y salida de dicho dispositivo. Estas pérdidas se pueden obtener de la misma forma con la formula anterior.

8.6.6.- **Perdidas por derivación.**- Es la pérdida que se presenta al conectar un dispositivo que deriva en más de una la rama de entrada, esta pérdida varía de acuerdo al tipo de dispositivo que se esté conectando, las pérdidas del mismo se encuentran especificadas en tablas en dB.

8.7.- FUTURO DE LOS SISTEMAS DE CABLE.

.- Actualmente las principales tecnologías de CATV utilizan señales analógicas, modulación en FDM y cable coaxial como medio de transmisión, esto está cambiando debido a la transmisión digital y la uso de la fibra óptica. Los principales cambios serán:

- 1).- Programación en formato estándar en sistema básico y premium.
- 2).- Programación en formato HDTV en sistema básico y premium.
- 3).- Pago por evento en donde en algunos canales los suscriptores puedan pagar por seleccionar la programación de manera individuales.

- 4).- Interactividad entre el suscriptor y la central, esto con el sentido de ordenar programas pago por evento y compras por televisión.
- 5).- Manejo de datos y servicios telefónicos.
- 6).- Como todos los servicios de comunicación tenderá a cambiar el cable coaxial por fibra óptica.

HDTV por cable.- La televisión por cable difiere un poco de la televisión terrestre pero para el desarrollo de la HDTV la televisión por cable variará sobre todo en la transmisión.

Las principales diferencias entre las dos señales de HDTV para transmisión terrestre y por cable CATV se muestran en la siguiente tabla 8.6:

DIFERENCIAS ENTRE HDTV TERRESTRE Y HDTV PARA CATV

Concepto	Difusión directa de HDTV	CATV - HDTV
Modulación	8 - VSB	16 - VSB
Velocidad de datos	19.29 Mb/s	38.58 Mb/s
C/N threshold	14.9 dB	28.3 dB

Tabla 8.6

La principal diferencia es la modulación de banda lateral de 16 niveles con la idea de que la señal tenga menos interferencia.

El MMDS.- Este sistema se desarrolló en Estados Unidos debido al lento desarrollo de la televisión por cable, este sistema inalámbrico permite a los operadores comenzar a transmitir con mucha mayor rapidez.

El MMDS utiliza una red de difusión similar a las utilizadas la televisión terrestre tradicional, pero las frecuencias de trabajo están entre los 2,596 y los 2,644 MHz, algunos sistemas de este tipo utilizan la banda Ku (10.7 a 13 GHz), que es la que se usa en Europa para la transmisión por satélite. Las potencias requeridas son del orden de 100 W, mucho menores que en la transmisión de VHF y UHF.

Una de las ventajas de este sistema es que económicamente es mas costeable que un sistema de CATV, se considera que cablear una localidad es entre un 25 y un 40 % más caro que utilizar MMDS.

En España, en el área llamada *El Corralejo*, el sistema *Antena 3* de televisión ha instalado un sistema transmisor de MMDS que tendrá una cobertura de 25 Km, iniciando con una transmisión de 14 canales analógicos y 4 digitales, con un sistema de pago por evento con un transmisor adicional.

8.8.- DISPOSICIONES RELACIONADAS CON LAS SEÑALES DE TELEVISION.

8.8.1.- TRANSMISION DE AUDIO.

Frecuencia central de la portadora de audio.- Es la frecuencia de la portadora de audio que debe de estar a + 4.5 MHz de la portadora de video del propio canal con una tolerancia de + 5 KHz.

SEÑAL ESTEREOFONICA: La señal estereofónica está formada por un canal principal, un subcanal estereofónico y una subportadora piloto con las siguientes características.

a).- **CANAL PRINCIPAL.**- El canal principal se modula en sentido I + D.

CONCEPTO	VALOR*
Ancho de Banda de la señal preenfanzada I + D.	15 KHz
Señal modulante.	I + D
Rango de frecuencia.	50 Hz a 15 KHz
Preénfasis.	75 μ s
Desviación de la portadora de audio.	25 KHz máximo

Tabla 8.7

b).- **SUBCANAL ESTEREOFONICO.**- Este subcanal estereofónico se utiliza para completar el efecto de sonido estereofónico del canal principal y es modulado en sentido I - D.

CONCEPTO	VALOR*
Ancho de banda de la señal codificada I - D.	15 KHz
Señal modulante.	I - D
Rango de frecuencias con compresión dBx.	50 Hz a 15 KHz
Frecuencia de subportadora.	2fH = 31.468 KHz
Método de modulación de subportadora.	AM-DBL-PS
Desviación de la portadora de audio.	50 KHz máxima
Desviación de la portadora de audio canal principal + canal estereofónico.	50 KHz máxima
Supresión de la subportadora estereofónica a una desviación de portadora de audio.	0.25 KHz
La subportadora estereofónica deberá cruzar el eje del tiempo con una pendiente positiva simultáneamente con el cruzamiento de este eje por la subportadora piloto. La diferencia (en grados de la frecuencia piloto) en los cruzamientos del eje del tiempo por las subportadoras piloto y estereofónica deberá ser de:	3° máxima
Separación estereofónica (50 Hz a 15 KHz, sin procesamiento dBx).	40 dB

Tabla 8.8

c).- **SUBPORTADORA PILOTO.**- Es una portadora transmitida por el sistema, que se utiliza, para el control automático de los niveles de operación del audio.

CONCEPTO	VALOR*
Frecuencia (señal en color).	f ₁₁ = 15.734 KHz
Frecuencia (señal blanco y negro, sin burst).	15,734 \pm 2 Hz
Subportadora piloto.	5 KHz
Relación piloto/interferencia banda de 1,000 Hz, desviación 5 KHz.	40 dB mínimo

Tabla 8.9

Nivel de la portadora de audio.- El nivel de la portadora de audio para las condiciones de interferencia con el canal adyacente, estará a no más de 17 dB abajo del nivel de la portadora de video del canal adyacente y no menos de 10 dB abajo del nivel de portadora de video adyacente superior.

En operación no adyacente, la portadora de audio puede estar de 17 a 7 dB abajo del nivel de la portadora de video asociada.

8.8.2.- TRANSMISION DE VIDEO.

Variaciones de la portadora de video.- El nivel de la portadora de video en cada canal no deberá variar + 8 dB en total, en un término de 24 horas y se mantendrá dentro de los siguientes valores:

- a).- La variación máxima respecto a cualquier portadora de video a 6 MHz será de 3 dB.
- b).- La variación máxima respecto del nivel de la portadora de video en cualquier otro canal, dentro del límite de los 300 MHz será de 10 dB, con 1 dB de aumento para cada 100 MHz adicionales.

Respuesta en frecuencia.- La variación máxima de la respuesta en frecuencia del canal será de + 2 dB para todas las frecuencias comprendidas entre - 0.5 a +3.75 MHz de la portadora de video.

Relación portadora a ruido.- La relación portadora a ruido en el sistema no será menor:

- 1.- de 40 dB, para canales de televisión radiodifundida o convencional.
- 2.- de 43 dB, para canales con cualquier otro tipo de señal.

Niveles en la terminal del suscriptor.- Los niveles de recepción de la señal de video en el receptor del abonado deberán estar entre:

- a).- El nivel mínimo será de 0 dBmV.
- b).- El nivel máximo será aquel que no produzca degradación en la señal debida a sobrecarga en la terminal de suscriptor.

Aislamiento.- El aislamiento en la terminal de cada suscriptor no será menor de 18 dB.

Retardo de croma.- Es el retardo que tiene la señal de crominancia con respecto a la señal de luminancia, esta diferencia en los tiempos de transmisión no deberá ser mayor a 170 ns.

Ganancia diferencial 3.- La ganancia diferencial para la subportadora de color de la señal de televisión, no excederá de + 20%.

Fase diferencial.- Alteración de fase de la subportadora de color, causada al variar el nivel de luminancia. La fase diferencial para la subportadora de color de la señal de televisión, no excederá de + 10°.

Nivel de señal.- Es el valor Raíz cuadrático medio del voltaje de una señal, generalmente expresado en milivolts o en dB con respecto a una referencia de 1 milivolt y 75 ohms.

Puntos de prueba.- para propósitos de las pruebas de comportamiento técnico, los sistemas de televisión por cable se clasificarán de acuerdo al el número de suscriptores que comprendan la red de servicio de la misma central.

Un sistema con menos de 3,000 suscriptores deberá realizar las pruebas de comportamiento técnico que le correspondan en 4 puntos de prueba ampliamente espaciados para representar todas las áreas geográficas servidas. Tres de dichos puntos serán representativos de terminales contiguas del suscriptor y el 4o. representativo de la terminal del suscriptor más distante de la cabeza, o entrada del sistema en términos de la longitud del cable.

- 1).- De 3,001 a 6,000 suscriptores serán 5 los puntos de prueba.
- 2).- De 6,001 a 9,000 suscriptores serán 6 los puntos de prueba.
- 3).- De 9,001 a 15,000 suscriptores serán 7 los puntos de prueba.
- 3).- De 15,001 en adelante, un punto de prueba más por cada 15,000 suscriptores adicionales (8 de 15,001 a 30,000, 9 de 30,001 a 45,000 etc.), siempre representando proporcionalmente a las áreas servidas (tres cuartas partes) y a las terminales más distantes (una cuarta parte).

CAPITULO

IX

LA TELEVISION CODIFICADA

LA TELEVISION RESTRINGIDA

La televisión restringida es un sistema en el cual se modifica la estructura de la señal de video, de forma tal que solo los decodificadores autorizados (\$) pueden restaurar las características normales, de manera que se despliegue correctamente la imagen.

9.1.- TELEVISION CODIFICADA.

Existen diferentes formas o técnicas de proteger y codificar la señal de televisión. El método más común de codificación de la señal es el de *supresión del sincronismo*.

Método de la supresión del pulso de sincronismo.- Este es el método más común de codificación en canales de televisión. Consiste en ocultar la señal de sincronismo de la señal de video compuesta, lo que provoca que el aparato receptor no pueda sincronizar adecuadamente, de modo que la imagen se visualiza deformada, con constante movimiento de modo que solo en instantes se logra apreciar la imagen como en la figura 9.1, en otro instante como si fuera un negativo y la mayoría del tiempo como imagen batida; es por eso el término *scrambled*.

a).- Imagen normal.



b).- Imagen codificada en un instante en el mejor de los casos.



Figura 9.1

En la figura (9.2), se muestra el efecto en la señal de sincronismo al ser suprimido, el pulso de sincronismo es colocado a un nivel de 6 dB menor, colocándolo en el rango visual (pulso punteado) y no en el nivel de negro donde corresponde, creando confusión en los circuitos de detección de señal en el receptor.

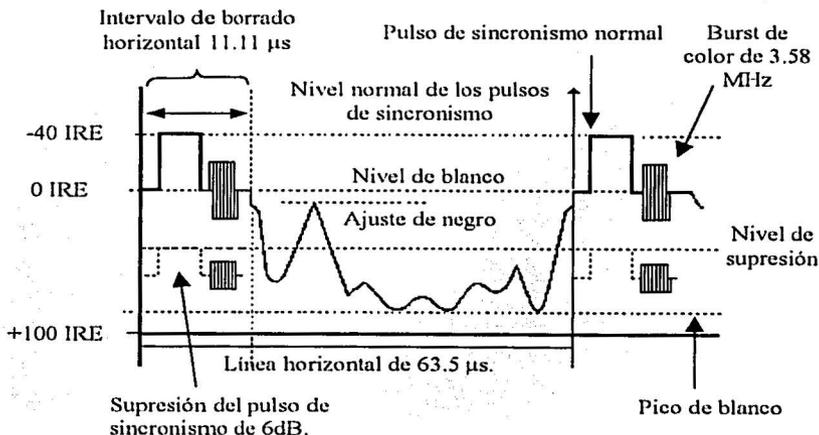


Figura 9.2

Decodificación.- Para decodificar un canal, se necesita restaurar el sincronismo insertando los pulsos. Para esto se utiliza una portadora piloto cuya frecuencia es inferior a la del canal para que no interfiera con la señal original. Normalmente se utiliza la frecuencia de 114 MHz en el canal A de banda media que tiene como frecuencias de 120 a 126 MHz. Esta señal tiene un sistema de conformación de pulsos que se reintegra a la señal del canal para regenerar la señal original restaurando los pulsos de sincronismo (figura 9.3).

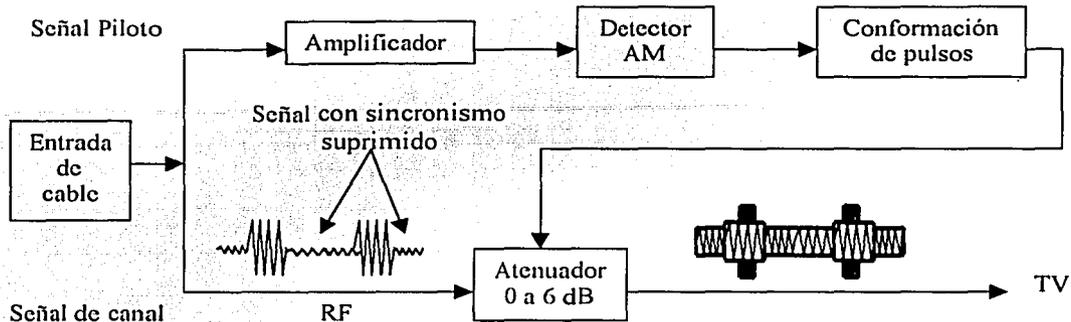


Figura 9.3

Inversión de la señal de video.- Existe otro método de codificación de la señal, el cual consiste en invertir la polaridad de la señal de imagen colocándola en los niveles de negro en donde la señal no es detectada como tal. En algunos casos se utiliza una variante de este método la cual consiste en invertir alternadamente una línea provocando que algunas líneas aparezcan correctamente y otras no. La figura 9.4 muestra la forma de cómo es invertida la señal de manera alternada.

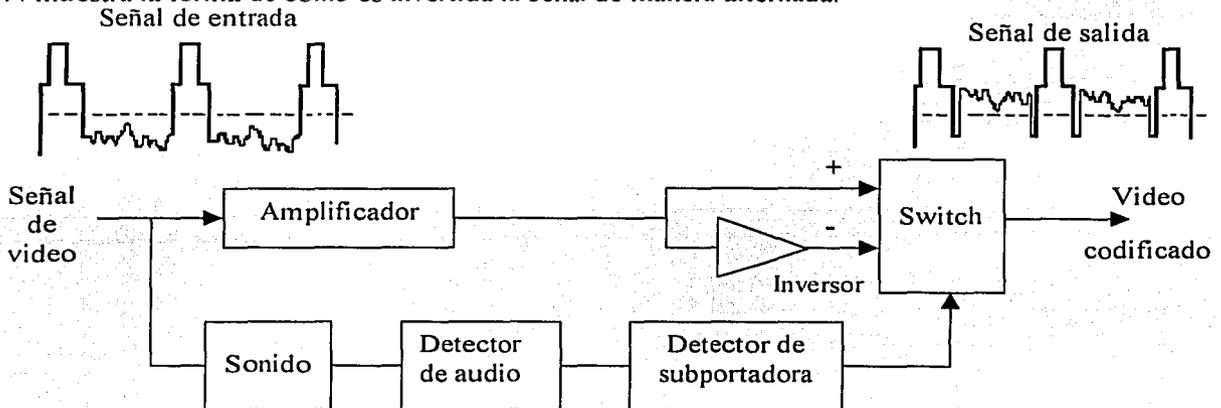


Figura 9.4

Método de la onda senoidal.- Este método consiste en insertar una onda senoidal, pudiendo ser con una frecuencia de 15.750 KHz o alguna que coincida (figura 9.5), es decir, si el pico negativo de la onda senoidal coincide con el pico de sincronismo, la señal de sincronismo es reducida o suprimida de tal forma que los circuitos de detección de sincronía son confundidos en el receptor y la imagen se desplaza y se deforma con banda o bandas oscuras en medio de la señal y los colores están fuera de sincronía. Por lo general la señal es inestable o distorsionada la mayoría del tiempo. En la figura (9.5) se presenta el

caso en el que la señal senoidal coincide con la señal de imagen y se incrementa elevando su nivel en la salida, ocasionando que la señal no sea detectada salvo los casos en que la señal de imagen esté en el nivel correcto.

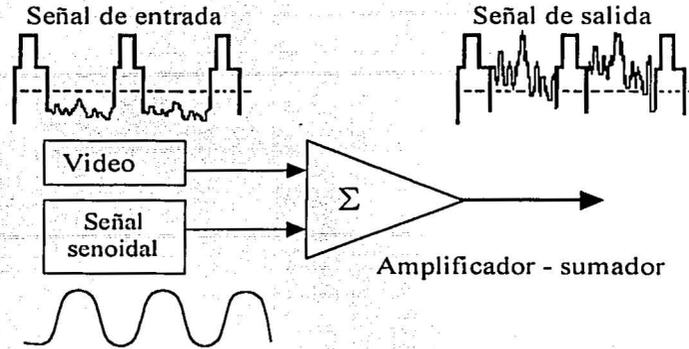


Figura 9.5

Método del pulso de compuerta.- Este es otro método similar en el que la señal de sincronismo es reducida mediante pulsos que coinciden con la señal de sincronismo y la cual es atenuada a los niveles de la señal de imagen (figura 9.6).

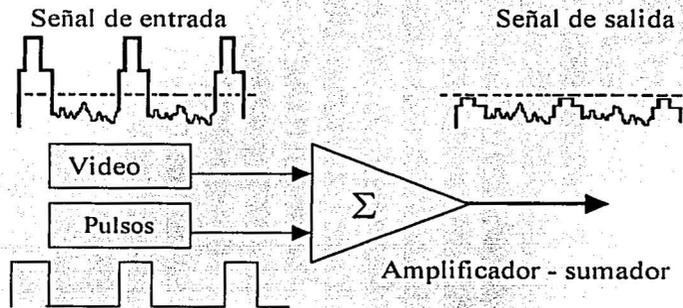


Figura 9.6

Método de la línea de retardo.- En este otro método se retrasan un poco las líneas de exploración horizontal de manera aleatoria y en tiempos diferentes lo que produce una imagen como en la figura 9.1, en la figura 9.7 existen dos retardos que se usarían en el caso de la señal del sistema SECAM.

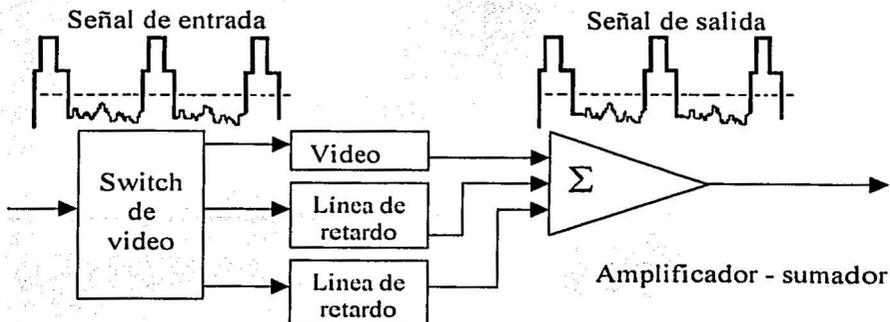


Figura 9.7

9.2.- TELEVISION RESTRINGIDA.

.- Existe un servicio de televisión restringida, el cual esta basado en el sistema NTSC/M con las siguientes características:

ESPECIFICACIONES TECNICAS

ESPECIFICACION	VALOR
Banda de frecuencia	2.5 a 2.7 GHz
Ancho de banda por canal	6 MHz
3. Tipo de emisión:	
Video	5M7C7FMF
Audio	250KF3EJN
Tolerancia de frecuencia de salida:	
Portadora de Video	± 1 KHz
Portadora de Audio	± 1 KHz
Separación entre portadoras	4.5 MHz
Supresión de armónicos:	60 dB mínima
Diferencia de fase	2°
Máxima potencia radiada aparente:	1,000 Watts
Separación entre las frecuencias de transmisión y recepción (dúplex):	45 MHz
Separación entre canales adyacentes:	25 KHz
Clase de emisión:	16K0F3EJN 16K0F2DJN 16K0F1DJN
Anchura de banda necesaria:	16 KHz
Desviación máxima para 100% de modulación con 1 KHz:	± 0.0005% (Desviación máxima admisible entre la frecuencia asignada y la situada en el centro de la banda de frecuencias ocupada por la emisión)
Tolerancia de frecuencias:	± 5 KHz
Respuesta de audiofrecuencia:	No deben existir variaciones de ±2 dB con respecto a la Preénfasis característica, con 6 dB por octava de 300 a 3,000 Hz, tomando como referencia la frecuencia de 1 KHz
Estabilidad de frecuencia:	± 0.0005% con relación a la frecuencia de operación.
Distorsión:	Menor a -25 dB a 1 KHz para el 70% de desviación incluyendo las características de modulación
Relación señal a ruido:	Mayor de 40 dB a 1 KHz para el 70% de desviación
Radiaciones no esenciales:	Menor 30 dB (dentro de la banda). Menos de 60 dB (fuera de la banda)
Tipo de Servicio	Público de televisión restringida
Horario:	Las 24 horas

Tabla 9.1

Nota.- En México la SCT tiene asignado este servicio en Torreón, Coahuila a la empresa Servicios Troncalizados, S.A. de C.V.

CONCLUSIONES:

Capítulo I

La televisión analógica por cuestiones tanto comerciales como de desarrollo seguirá vigente algunos años más. Debido a que la nueva tecnología digital está en sus inicios, esta televisión cambiará, en la cantidad de cuadros por segundo, aunque se quiere que el rastreo sea progresivo en lugar de entrelazado, además tendrá una mayor relación de aspecto y mucho mayor definición.

Capítulo II

Como se notó en el capítulo II, los parámetros y frecuencias de la señal de televisión, aunque cumplen con su cometido, son una adaptación que contiene detalles y errores no apreciables para el ojo humano. Todas estas formas de transmisión cambiarán en un futuro con la llegada de la televisión digital y estas formas de transmisión podrán ser más precisas.

Capítulo III

La teoría color aplicada a la televisión analógica actualmente no variará, dado a que esta basada en la percepción humana y no a la tecnología que se esté aplicando. Aunque el manejo de las señales puede variar, el comportamiento de las señales digitales facilitará la transmisión de diferentes señales de prominencia o de diferencia de color como actualmente se transmite.

Capítulo IV

La televisión digital y los métodos de compresión tienden a mejorar el aprovechamiento de los anchos de banda, lo que hará un mayor aprovechamiento del ancho de banda actual, una mayor calidad de la imagen y una transmisión más direccionada en cuanto a potencia, por consiguiente los tipos de antena serán probablemente diferentes.

Capítulo V

La señal de televisión analógica actual es transmitida en función de la frecuencia a la que se transmite la energía eléctrica del país, lo que provoca que los sistemas varíen en sus parámetros de transmisión, además los países tratan de evitar una dependencia tanto cultural como comercial, lo que provoca que los diferentes bloques mundiales traten de mantener sus diferentes formatos de transmisión adaptándolos a las nuevas tecnologías. Aunque esta frecuencia no será cambiada en los diferentes países, las nuevas formas de transmitir la televisión seguirán siendo diferentes, la tecnología digital permitirá realizar los cambios de formato en un instante para poder ser transmitidos a otro país de manera simultánea.

Capítulo VI

La televisión actual tiende a mejorar su definición tratando de crear una televisión interactiva, tanto visual como auditiva, aumentando la cantidad de píxeles por cuadro, la relación de aspecto y la cantidad de canales de audio para crear una sensación de presencia en la escena.

El desarrollo de la transmisión de datos aumentando su velocidad de transmisión y el auge de la internet, tiende a que la televisión sea transmitida por un medio telefónico ya sea alámbrico o inalámbrico por la cual se conecte a internet, que en un futuro no muy lejano las televisoras comenzarán a transmitir por ella su programación mediante algún costo.

Un problema a ser superado por la televisión digital es la calidad de la imagen en tonalidades oscuras que actualmente todavía no es la adecuada como en el caso de la señal analógica, ya que en escenas oscuras la señal digital necesita mayor variedad de tonalidades.

Capítulo VII

La tecnología de la videoconferencia se ha visto beneficiada con la digitalización de la señal de video, lo que en un futuro hará que las conferencias telefónicas sean cada vez en tiempo real y con una gran calidad de imagen. En la actualidad la internet facilita la videoconferencia de punto a punto con un pequeño retraso y una buena calidad de video con un sistema no muy costoso.

Capítulo VIII

La señal de televisión por cable CATV ha proliferado debido a que estos sistemas controlan la comercialización de su señal, así como su codificación y su calidad de recepción, la cual es mucho mejor que la difusión aérea. Actualmente los sistemas de control del sistema por cable cada vez son más inteligentes tanto como para detectar servicios piratas dentro de su red como codificar de manera diferente a los canales y asignar diferente programación a cada usuario, aunque esto implica un servidor de video bastante grande y que los televisores tengan una unidad de almacenamiento bastante grande como en el caso de las computadoras personales.

Los sistemas de televisión por cable cada vez serán más interactivos propiciando que el usuario seleccione su programación diaria como si fuese una videoteca.

Capítulo IX

La proliferación de la televisión como medio de difusión líder en el mundo y la comercialización de esta ha provocado que esta se convierta en una televisión codificada, aunque la piratería diseña sistemas que decodifican los diferentes tipos de codificación transmitidas con la señal de televisión, dentro de unos años con las mejoras en las técnicas digitales la televisión estará codificada, de tal manera que la señal tendrá candados tanto de compresión como de transmisión lo que hará más compleja su decodificación.

La integración de las tecnologías de televisión, telefonía y la computación, traerá como consecuencia que todas las tecnologías o servicios de una casa u oficina se integren dentro de un mismo sistema. Esta integración de servicios tanto televisivos, telefónicos, de radiodifusión y de cómputo, incluirá mejoras en el video, en el audio y en los servicios telefónicos. Aun así, existirá una gran diversidad de sistemas y estándares de televisión debido tanto a cuestiones comerciales como políticas, aunque las conversiones entre los mismos serán de manera transparente debido a la digitalización de las señales.

El desarrollo de la computación, la televisión digital y la televisión de alta definición provocarán una televisión en tercera dimensión, creando métodos de aprendizaje más rápidos y el desarrollo de la realidad virtual. De igual manera la telefonía pasará a ser parte de un sistema predominantemente visual que englobará muchos de los servicios que actualmente se tienen, aunque la diversidad de sistemas existentes tanto de transmisión como de recepción pueden propiciar una gran variedad de sistemas como sucedió anteriormente.

Esta integración de servicios en los domicilios tenderá a cambiar el comportamiento humano, posiblemente provocando una mayor enajenación, pasividad, introversión y sedentarismo, ya que, al tener todos los servicios en las casas muchos de los trabajos podrán desarrollarse desde este sin que la persona realice actividades o traslados para ello, pero propiciando una mayor comunicación en todo el planeta.

BIBLIOGRAFIA

Graf Rudolf and Sheets William
Scrambling & Descrambling for Satellite & Cable TV.
Prentice -Hall (Sams).

Luis Javier Ojeda
TV Via Satélite
Paraninfo

Rodolfo Neri Vela y Bernardo Martínez Avalos
Antena Parabólica
Tuki, S.A. de C.V.

Stan Prentiss.
HDTV.
Mc Graw Hill Book Company
1ª Edición 1994.

Peter Utz
Today's Video.
Prentice Hall
1987.

Andrew F. Inglis & Arch C. Luther
Video Engineering.
Mc Graw Hill Book Company
2ª Edición 1996.

Thomas A. Milligan
Modern Antenna Design.
Mc Graw Hill Book Company
1ª Edición 1985.

Varios autores
Televisión Directa por Satélite
Publicaciones Marcombo, S.A.

A. García Domínguez
Cálculo de Antenas
Alfaomega – Marcombo

W. Ruston
Visual Pigments and Color Blindness
Scientific American,
Marzo 1975.

Eugene Bartlett
Cable Television technology & Operation.
(HDTV and NTSC Systems)
Mc Graw Hill Book Company
2ª Edición 1990.

Harrington Thomas P.
The Hidden Signals on Satellite TV.
Universal Electronics, Inc.

Bernard Grob.
Televisión Práctica y Sistemas de Video
Alfaomega Marcombo.
1ª Edición 1990.

Alvis J. Evans
Antennas.
Radio Shack
2ª Edición 1989.

BIBLIOGRAFIA

Frank Baylin & Brent Gale
*Televisión Domestica Vía Satélite (manual de
instalación y de localización de averías).*
Baylin/Gale Productions
1ª Edición 1985

*Norma Oficial Mexicana NOM-05SCT1-93.
(Sistemas de Televisión por Cable)*
Secretaría de Comunicaciones y Transportes
(SCT)
5 de julio de 1993

ITU -T
Recomendación H-120
*Codecs for videoconferencing using primary
digital group transmission.*
1994.

ITU -T
Recomendación H-140
*A multipoint international videoconference
system.*
1988,1993.

Revista "*Teleduto*".
Publicaciones Telecomex
Noviembre de 1987 y Diciembre de 1986.

*Norma Oficial Mexicana NOM-03-SCT1-93.
(Radiodifusión de Televisión Monocroma y a
Color)*
Secretaría de Comunicaciones y Transportes
(SCT)
7 de agosto de 1993

ITU -T
Recomendación H-130
*Frame structure for use in the international
interconnection of digital codecs for
videoconferencing or visual telephony.*
1988,1993.

ITU -T
Recomendación J-80
*Transmission of component-coded digital
television signals for contribution-quality
applications at bit rates near 140 mbit/s.*
Marzo,1993.