



**Universidad de San Carlos de Guatemala
Facultad de Ingeniería
Escuela Mecánica Eléctrica**

**CONSIDERACIONES EN EL DISEÑO DE UNA ESTACIÓN DE
TELEVISIÓN ABIERTA**

Marlon Enrique Henry Ruiz

Asesorado por Ing. José Estuardo Morales Quiñónez

Guatemala, noviembre de 2003

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**CONSIDERACIONES EN EL DISEÑO DE UNA ESTACIÓN DE
TELEVISIÓN ABIERTA**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A JUNTA DIRECTIVA DE LA
FACULTAD DE INGENIERÍA
POR

MARLON ENRIQUE HENRY RUIZ

ASESORADO POR ING. JOSÉ ESTUARDO MORALES QUIÑÓNEZ
AI CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

INGENIERO ELECTRÓNICO

GUATEMALA, NOVIEMBRE 2003

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA



NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA

DECANO	Ing. Sydney Alexander Samuels Milson
VOCAL I	Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos
VOCAL II	Lic. Amahán Sánchez Álvarez
VICAL III	Ing. Julio David Galicia Celada
VOCAL IV	Br. Kenneth Issur Estrada Ruiz
VOCAL V	Br. Elisa Yazminda Vides Leiva
SECRETARIO	Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco

TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

DECANO	Ing. Sydney Alexander Samuels Milson
EXAMINADOR	Ing. Julio César Solares Peñate
EXAMINADOR	Ing. Marvin Marino Hernández Fernández
EXAMINADOR	Ing. Manuel Fernando Barrera Pérez
SECRETARIO	Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco

HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR

Cumpliendo con los preceptos que establece la ley de la Universidad de San Carlos de Guatemala, presento a su consideración mi trabajo de graduación titulado:

CONSIDERACIONES EN EL DISEÑO DE UNA ESTACIÓN DE TELEVISIÓN ABIERTA

Tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Mecánica Eléctrica, con fecha 29 de octubre de 2003.

Marlon Enrique Henry Ruiz

AGRADECIMIENTOS

A DIOS

Por darme sabiduría, fuerza y voluntad para poder alcanzar mi meta.

A MIS PADRES

Lic. Carlos Rafael Henry García
Profa. Beatriz Eugenia Ruiz Carranza de Henry

A MIS HERMANOS

Ing. Manuel Henry, Dr. Douglas Henry

A MI ASESOR

Ing. José Estuardo Morales

A MIS COMPAÑEROS Y AMIGOS

En especial, Eddy y Moises

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES	v
GLOSARIO	vii
RESUMEN	xi
OBJETIVOS	xiii
INTRODUCCIÓN	xv
1. CONCEPTOS BÁSICOS FUNDAMENTALES DE TELEVISIÓN	1
1.1 Difusión de televisión	1
1.2 Operaciones en un estudio de TV	2
1.3 Frecuencias de TV	4
1.4 Exploración horizontal y vertical	6
1.4.1 Sistemas de televisión	10
1.4.2 Sincronismo	11
1.4.3 Sincronismo horizontal	11
1.4.4 Sincronismo vertical	12
1.5 Señal de color de 3.58 Mhz	12
1.5.1 Señal de luminancia	13
1.5.2 Señal de crominancia	14
1.5.2.1 Sección de matriz	15
1.5.3 <i>Burst</i> de sincronismo de color	15
1.6 El canal de difusión de televisión de 6 Mhz	16
1.7 Operación fundamental de una cámara de TV	18
1.8 Análisis de la señal vídeo	21
1.8.1 Escala IRE	22
1.8.2 Máximo número de elementos de imagen	24

1.9	Televisión digital	25
1.9.1	El formato 4:2:2	27
1.9.1.1	Codificación de la fuente	29
1.9.1.2	Codificación de canal	30
1.9.2	Compresión de las señales de vídeo y audio	30
1.9.2.1	La transformada en coseno discreto	31
1.9.2.2	Compresión de imágenes animadas	34
1.9.2.3	Tipos de imágenes MPEG	35
1.9.2.4	Codificación de vídeo MPEG-2	37
1.9.2.5	Compresión de las señales de audio	39
1.10	Propagación	44
2.	COMO FUNCIONA UNA ESTACIÓN DE TELEVISIÓN	51
2.1	Centro de producción	51
2.1.1	Iluminación de estudio	52
2.1.1.1	Instrumentos de iluminación	58
2.1.2	Sistema de sonido	61
2.2	Planta de transmisión	68
2.2.1	Retransmisores	71
2.2.2	Canales de transmisión	71
2.2.3	Patrón de radiación	74
2.3	Las microondas terrestres	79
2.4	Unidad móvil de televisión	85
2.5	Control central	86
3.	COMPONENTES DE UNA ESTACIÓN DE TELEVISIÓN	89
3.1	Fuentes de señal interna	89
3.1.1	Cámaras de televisión	89
3.1.2	Formatos de vídeo	93

3.1.3 Reproductor de vídeo cassetes	96
3.1.4 Generador de caracteres	99
3.2 Equipo de medición	101
3.2.1 Monitor de forma de onda	101
3.2.2 Vectorscopio	104
3.3 Procesadores de señal	105
3.3.1 Conmutadores	106
3.3.2 Consolas basadas en software	110
3.4 Procesadores de audio	111
3.4.1 Mezcladores	111
3.4.2 Registro y reproducción	115
3.5 Fuentes de señal externa	118
3.5.1 Antenas	118
3.5.1.1 Antena yagi	121
3.5.1.2 Antena parabólica	121
CONCLUSIONES	125
RECOMENDACIONES	127
BIBLIOGRAFÍA	129

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

1. Elementos individuales de imagen (<i>píxeles</i>)	6
2. Exploración horizontal	7
3. Frecuencias en el canal estándar de tv de 6 MHz	16
4. Diagrama de bloques que muestra cómo la cámara suministra la señal de vídeo	18
5. Señal vídeo compuesta correspondiente a dos líneas horizontales	21
6. Líneas de la señal vídeo con la escala IRE de amplitudes	23
7. Modulación de pulso codificado	26
8. División en bloques de 8 x 8 píxeles	32
9. Contribución de cada uno de los coeficientes al aspecto del bloque	33
10. Encadenamiento de los tres tipos de imágenes MPEG	35
11. Ejemplo de grupo de imágenes, para $M = 3$, $N = 12$	37
12. Principio de la codificación perceptual	41
13. Esquema teórico del codificador MPEG de audio	42
14. Intensidad de color	56
15. Malla para controlar la intensidad de luz	56
16. Lente Fresnel	60
17. Modelos sensitivos de micrófonos básicos	63
18. Tipos de micrófonos	64
19. Patrón de radiación en tres dimensiones	75
20. Patrón de radiación en dos dimensiones	75
21. Patrón de radiación absoluto	76
22. Lóbulo principal	77
23. Perdidas relativas en el espacio libre	84
24. Altura mínima efectiva de antena	85

25. Centro de control	87
26. Esquema de una estación de televisión abierta	88
27. Videocámara convertible	92
28. Diferentes velocidades de toma	93
29. Teleprompter	100
30. Señal de una cámara vista en un monitor forma de onda	102
31. Escala de grises	103
32. Cámara sub-expuesta	103
33. Cámara sobre-expuesta	104
34. Barra de colores	105
35. Consola de vídeo	106
36. Conmutador (<i>Switchera</i>)	107
37. <i>Switchera</i> básica	109
38. Consola basada en software	110
39. Diagrama simplificado de un mezclador de audio	112
40. Medidores de intensidad de sonido	114
41. Máquina ADAT	117
42. Antena yagi	121
43. Antena parabólica de foco primario	123
44. Antena parabólica <i>offset</i>	123
45. Antena parabólica <i>cassegrain</i>	124
46. Antena plana	124

GLOSARIO

<i>BROADCAST</i>	Método de enlace de transmisión que se utiliza para la transmisión de televisión.
<i>BURST</i>	La presencia o ausencia del <i>burst</i> determina de qué manera reconoce el receptor de color si un programa es de color o blanco y negro.
CANAL	Medio que une el transmisor con el receptor en toda comunicación.
<i>CCD (Device of Coupled Charge)</i>	Dispositivo de carga acoplada.
CROMINANCIA	Combina el matiz y la saturación de la información de imagen, se conoce como señal C.
CUADRO	Imagen completa con 525 ó 625 líneas de exploración.
<i>DAT (Digital Audio Tape)</i>	Cinta de audio digital.
<i>DVB (Digital Video Broadcasting)</i>	Estándar de televisión digital.

DVD (<i>Disk Versatile Digital</i>)	Formato de disco láser de alta capacidad, 4.7 a 19 Gbytes.
EFP (<i>Electronic Field Production</i>)	Producción electrónica de campo.
EHF (<i>Extra High Frequency</i>)	Extra alta frecuencia 30, 300 GAZ.
ENG (<i>Equip news Gathering</i>)	Equipo electrónico de reportaje.
FCC (<i>Federal Communication Comision</i>)	Comisión Federal de Comunicaciones de Estados Unidos.
HDTV (<i>High Definition Television</i>)	Televisión de alta definición.
EEE (<i>Institute of Electric and Electronic Engineeng</i>)	Instituto de ingeniería eléctrica y electrónica.
IRE (<i>Institute of Radio Engineers</i>)	Actualmente IEEE.
LUMINANCIA	Contiene las variaciones de brillo de la información de imagen, se conoce como señal Y.
MPEG (<i>Moving Pictures Expert Group</i>)	Grupo encargado de la definición de los estándares de compresión de imágenes animadas.

**NTSC (*National Television Standard
Commite*)**

Comité de estándares de televisión, sistema de 525 líneas de exploración y 30 cuadros por segundo, con frecuencia de oscilación eléctrica de 60 Hz.

PAL (*Phase Alternating Line*)

Fase de línea alterna.

PCM (*Pulse Code Modulation*)

Utilizada en la conversión de información analógica a formato digital y en la transmisión de esta señal a través del muestreo y codificación con un numero fijo de bits.

PÍXEL

Área pequeña de luz o sombra que representa un elemento de imagen.

**SECAM (*Sistem Electronique pour
couleur avec memoire*)**

Sistema electrónico de color con memoria.

SHF (*Super High Frequency*)

Super Alta Frecuencia.

SIT

Super Intendencia de Telecomunicaciones de Guatemala.

STL (*Study Transmisor Link*)

Estudio Enlace Transmisor.

TRC Tubo de Rayos Catódicos.

UHF (*Ultra High Frequency*) Ultra Alta Frecuencia.

VCR (*Video Cassette Recorder*) Grabador de Videocasete.

VHF (*Ultra High Frequency*) Ultra Alta Frecuencia.

VTR (*Vídeo Tape Recorder*) Grabador de Cinta Vídeo.

RESUMEN

La cámara de televisión capta una imagen óptica de la escena en su placa fotoeléctrica, la cual es explorada en líneas horizontales por el haz electrónico. La exploración se hace de izquierda a derecha y desde la parte superior hasta la inferior, tal como es captada por la cámara.

La exploración del cuadro completo de la imagen dura $1/30$ seg. comprendiendo un total de 525 líneas de exploración. Por tanto, la salida del tubo de la cámara es una secuencia de variaciones eléctricas que corresponde a la información de imagen. Las variaciones eléctricas son amplificadas y añadidos los impulsos de sincronismo. La modulación de amplitud de la portadora de imagen da por resultado la señal AM de imagen.

La antena transmisora está en un emplazamiento distante a la estación de televisión, usualmente en un cerro o un edificio muy alto. Las señales de vídeo y audio de banda base son enviadas al transmisor por enlaces de microondas. La estación emisora utiliza antenas de microondas en los emplazamientos del estudio y del transmisor. Los sistemas transmisores trabajan en las bandas de 2, 7 y 12 gigahertz (GHz), que son asignadas a la estación por la Súper Intendencia de Comunicaciones, SIT.

El transmisor de televisión realiza dos funciones: generar las portadoras de vídeo y audio, y modular la información visual y sonora en sus respectivas ondas transportadoras. Ambas señales serán unidas para transmitirse conjuntamente a través de un mismo canal para su propagación. La propagación es una etapa que necesita un estricto control a fin de que la máxima energía radiada sea captada por los receptores con el mínimo de

distorsión e interferencias. Sin embargo, este control es relativo debido a que las ondas electromagnéticas están sujetas o dependen en muchas ocasiones de fenómenos naturales no siempre predecibles.

OBJETIVOS

- General

Describir los lineamientos teóricos y prácticos para diseñar una estación de televisión abierta.

- Específicos

1. Proporcionar los conceptos básicos del televisor.
2. Describir el funcionamiento de una estación de televisión abierta.
3. Describir el equipo e instrumentación de una estación de televisión abierta.

INTRODUCCIÓN

Este trabajo se plantea como un manual destinado a todo aquel que en una posibilidad futura se vea interesado en conocer o en diseñar una estación de televisión.

Se pretende analizar la tecnología y poner de forma sistemática una serie de conceptos y términos no tratados con frecuencia en la bibliografía guatemalteca, considerando los procedimientos y aplicaciones de los instrumentos relacionados con la creación, edición y propagación de la televisión abierta en Guatemala.

El análisis se divide en tres partes. La primera se relaciona con los conceptos básicos aplicables, ya que sienta las bases que permiten comprender el funcionamiento de una estación de televisión abierta. La segunda parte del trabajo se enfoca a la iluminación y el sonido en una estación. En la tercera parte se considera la transmisión de la señal de televisión por el espacio libre.

De esta forma, el presente tema pretende aportar una base científica, conceptos básicos, así como proporcionar los conocimientos acerca de las herramientas dentro de un panorama general de lo que es y como funciona una estación de televisión abierta.

1. CONCEPTOS BÁSICOS FUNDAMENTALES DE TELEVISIÓN

1.1 Difusión de televisión

El término difusión significa “enviar en todas las direcciones”. La antena transmisora radia ondas electromagnéticas que son captadas por las antenas receptoras. El transmisor de televisión tiene dos funciones: transmitir imagen y sonido. Ambas señales AM, de imagen y FM de sonido, son emitidas desde la misma antena transmisora.

En la transmisión de la imagen, el tubo de cámara convierte la imagen óptica en una señal de vídeo. El tubo de cámara es un tubo de rayos catódicos (TRC) con una placa de imagen fotoeléctrica y un cañón electrónico confinados por una envoltura de vidrio en la cual se ha practicado el vacío.

Fundamentalmente, el tubo de cámara capta una imagen óptica de la escena en su placa fotoeléctrica, la cual es explorada en líneas horizontales por el haz electrónico. La exploración se hace de izquierda a derecha y desde la parte superior hasta la inferior, tal como es captada por la cámara.

La exploración del cuadro completo de imagen dura $1/30$ seg. comprendiendo un total de 525 líneas de exploración. Por tanto, la salida del tubo de cámara es una secuencia de variaciones eléctricas (la señal vídeo) que corresponde a la información de imagen. La señal vídeo es amplificada y son añadidos los impulsos de sincronización o sincronismo.

La modulación de amplitud de la portadora de imagen da por resultado la señal AM de imagen. La antena receptora intercepta ambas señales portadoras de imagen y de sonido. Las señales son amplificadas y luego detectadas para recuperar la modulación original.

La salida del detector vídeo incluye la señal vídeo necesaria para reproducir la imagen.

La señal vídeo detectada es amplificada lo suficiente para excitar el circuito del tubo de imagen. La placa frontal de vidrio tiene un revestimiento fluorescente en su superficie interior. El cuello estrecho contiene el cañón electrónico. Cuando el haz de electrones incide en la pantalla de fósforo, ésta emite luz.

Cuando la tensión de la señal vídeo hace que la rejilla de control sea menos negativa, la corriente del haz aumenta, haciendo que el punto luminoso de la pantalla sea más brillante. La salida de luz máxima es un punto blanco en la imagen. Por el contrario, una tensión más negativa de rejilla reduce el brillo y, si la tensión de rejilla es suficientemente negativa para cortar o suprimir la corriente del haz electrónico en el tubo de imagen, la luz desaparece. Este valor corresponde al negro en la pantalla.

En la televisión en color se utiliza una cámara y un tubo de imagen en color. La cámara en color provee las señales vídeo para la información de imagen de rojo, verde y azul con todas sus mezclas de color incluyendo el blanco.

1.2 Operaciones en el estudio de televisión

En los primeros días de la televisión, la mayor parte de los programas se emitían en vivo y cada estación utilizaba cámaras de estudio para generar su propia programación. Actualmente, la mayoría de programas de televisión son producidos y almacenados en cinta.

El grabador de cinta vídeo (VTR, por sus siglas en inglés) hace en los programas de vídeo lo que la cinta de audio y las grabaciones en discos compactos hacen en los programas de audio. La ventaja principal es que este programa puede ser grabado en cinta cuando más convenga y almacenado para su difusión en una fecha posterior. Otra ventaja es que los programas recibidos por microondas directamente o retransmitidos por satélite pueden ser radiados grabados para luego ser radiados por la estación cuando se desee.

Generalmente, el estudio en que se originan las señales de vídeo y audio y donde están alojadas las máquinas de cinta está situado en una zona céntrica de la ciudad, de fácil acceso para las personas que producen el programa, el cual puede ser originado fuera del estudio. El transmisor está en un emplazamiento distante, usualmente en un cerro o un edificio muy alto. Las señales de vídeo y audio de banda base son enviadas al transmisor por enlaces de microondas o por sistemas de cable de banda ancha provisto por alguna compañía telefónica. En muchos casos, el transmisor tiene su propio enlace de microondas, Enlace Estudio Transmisor (STL, por sus siglas en inglés). La estación emisora utiliza antenas de microondas en los emplazamientos del estudio y del transmisor. Los sistemas STL trabajan en las bandas de 2, 7 y 12 gigahercios (GHz), que son asignadas a la estación por la Super Intendencia de Telecomunicaciones, SIT.

Cuando se perfeccionó el grabador de videocasete (VCR, por sus siglas en inglés) para satisfacer los mínimos requerimientos de la radiodifusión, (que son contar con un transmisor y un receptor) se creó el sistema electrónico de reportaje para la recolección y difusión de noticias, incluye una cámara de televisión portátil y el VCR.

Tanto la cámara como el VCR funcionan con una batería de acumuladores incorporada en el conjunto de equipo portado por el operador de la cámara. La cinta puede ser enviada al estudio para su posterior reproducción, o pueden ser retransmitidas las señales de banda base de vídeo y audio por un enlace de microondas para su retransmisión en directo.

Todas las cámaras y máquinas de videocinta están sincronizadas (ver sección 1.4.2) por un generador principal de sincronismo para que la exploración sea la misma para todas las fuentes. Este método permite la conmutación electrónica entre programas de VTR, alimentaciones por línea, y máquinas especiales de casete que almacenan las grabaciones de publicidad.

La conmutación puede efectuarse manualmente en la consola central de control; actualmente, la conmutación está totalmente controlada por computadora, incluso para las grabaciones de publicidad. Es una práctica común utilizar un par de máquinas que gravan cintas idénticas. Así, si una grabación falla, la otra es conmutada automáticamente.

En un estudio de televisión se realiza la importante tarea de editar las grabaciones. La película cinematográfica es editada mecánicamente cortándola y empalmando los dos extremos en la unión de un cuadro. Pero la videocinta se edita electrónicamente. Nunca se corta mecánicamente la cinta, sino que se le edita electrónicamente borrándola y luego grabando sobre el segmento en

particular. La edición electrónica hace posible realizar un programa completo en la cinta, partiendo de varias piezas separadas de videocinta.

La producción de efectos especiales en la imagen es otra de las tareas que se realizan en el estudio. Por ejemplo, se puede mostrar la cara del comentarista en la esquina de una escena del noticiero, etc.

1.3 Frecuencias de televisión

La banda de frecuencias utilizada para la transmisión de las señales de vídeo y audio, o sea, de imagen y de sonido, es lo que se llama canal de televisión. Cada estación de TV tiene asignado un canal cuya anchura es de 6 MHz (megahertz) con una determinada frecuencia de portadora asignada por la FCC. Como muestra la tabla 1, todos los canales de televisión caen dentro de tres bandas:

1. Canales de la banda baja (banda I) de muy alta frecuencia (VHF por sus siglas en inglés): 2 a 6.
2. Canales de banda alta (banda III) de VHF: 7 a 13.
3. Canales de ultra alta frecuencia (UHF, por sus siglas en inglés): 14 a 83.

Tabla I. Canales de televisión

Canal	banda de frecuencia MHz
1	No utilizado
2	54-60
3	60-66
4	66-72
5	76-82
6	82-88
FM	88-108
7	174-180
8	180-186
9	186-192
10	192-198
11	194-204
12	204-210
13	210-216
14-83	470-890

Fuente: Bernard Grob. **Televisión práctica.** Pág. 5

Las frecuencias 108-174 Mhz, denominada banda media, se utilizan en navegación aeronáutica, servicios móviles y fijos oficiales y no oficiales y radioaficionados.

1.4 Exploración horizontal y vertical

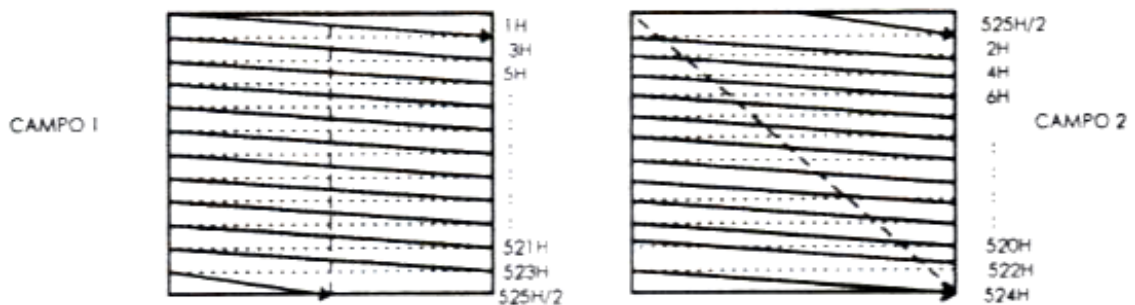
Una imagen fija es fundamentalmente una ordenación de muchas áreas pequeñas oscuras y luminosas. Cada área pequeña de luz o sombra es un elemento de imagen o detalle de imagen llamado *píxel* (figura.1). Todos los elementos juntos contienen la información visual de la escena. Si son transmitidos y reproducidos con el mismo grado de luz o sombra que el original y en la posición correcta, se reproducirá la imagen.

Figura 1. Elementos individuales de imagen (píxeles)



La imagen de televisión es explorada sucesivamente en una serie de líneas horizontales, una debajo de otra, como muestra la figura 2.

Figura 2. Exploración horizontal



Fuente: Estuardo Morales, **Control de los parámetros de operación de una estación de transmisión de televisión abierta NTSC**, Pág. 1

Esta exploración hace posible que una señal vídeo incluya todos los elementos necesarios para completar la imagen. En un instante dado, la señal vídeo solamente puede presentar una variación. Para obtener una señal vídeo que transmita todas las variaciones de luz y sombra, se exploran todos los detalles sucesivamente, o sea, en un orden secuencial de tiempo.

En televisión, la imagen es reensamblada una línea tras otra y un cuadro después de otro. Este factor de tiempo es lo que hace que la imagen de televisión pueda aparecer como estructura de línea desgarrada en segmentos diagonales y con cuadros que se desplazan subiendo o bajando.

Todos los elementos de imagen son explorados sucesivamente, de izquierda a derecha y de arriba abajo, línea por línea. Este método se llama *exploración lineal horizontal* y se usa en el tubo de cámara del transmisor para dividir la imagen en elementos y en el tubo de imagen del receptor para reensamblar la imagen reproducida. La secuencia para explorar todos los elementos de imagen es la siguiente:

1. El haz electrónico barre transversalmente una línea horizontal, cubriendo todos los elementos de imagen de la línea.
2. Al final de cada línea, el haz vuelve muy rápidamente al lado de la izquierda para comenzar la exploración de la línea horizontal siguiente. El tiempo de retorno se le llama *retraza* o *retorno*. Durante éste no es explorada ninguna información de imagen a causa de que el tubo de cámara y el tubo de imagen están inhibidos durante este periodo. Por consiguiente los retornos deben ser muy rápidos, ya que son tiempos inútiles o desperdiciados en lo que afecta a la información de imagen.
3. Cuando el haz ha retornado al lado de la izquierda, se sitúa en una posición vertical más baja a fin de que explore la línea inmediatamente inferior y no se repita la exploración de la misma línea. Esto se consigue por el movimiento de exploración vertical del haz, el cual está provisto, además, de la exploración horizontal.

Como resultado de la exploración vertical, todas las líneas horizontales son ligeramente inclinadas hacia abajo. Cuando está en la parte inferior, el haz retrocede verticalmente hasta la parte superior para comenzar nuevamente la secuencia de exploración.

El número de líneas de exploración de una imagen completa debe ser grande con el fin de que incluya el mayor número posible de elementos de imagen y, por consiguiente, más detalles (mejor resolución). Sin embargo, factores como el ancho de banda limitan la exploración.

Ha sido normalizada en Estados Unidos de América un total de 525 líneas de exploración para una imagen completa o cuadro. 525 es el número óptimo de líneas de exploración por cuadro para el ancho de banda normal de 6MHz de los canales de televisión.

El tiempo correspondiente a un cuadro completo con 525 líneas es $1/30$ segundos. Entonces la frecuencia de repetición de imagen es igual a 30 cuadros por segundo.

La velocidad de repetición de imágenes de 30 cuadros por segundo todavía no es lo suficientemente rápida para resolver el problema del parpadeo con los altos niveles de iluminación que se producen en la pantalla del tubo de imagen. La solución es análoga a la de la práctica cinematográfica: cada cuadro se divide en dos partes, de modo que se presentan 60 vistas de la escena durante cada segundo.

Se obtiene el efecto visual entrelazando las líneas de exploración horizontal en dos grupos, uno corresponde al de las líneas impares y otro al de las líneas pares (ver figura 2). Cada grupo de líneas par o impar es lo que se le llama campo. La velocidad de campo es exactamente igual a la frecuencia de línea de 60 Hz.

La velocidad de campo de 60Hz es la frecuencia de exploración vertical. Este es el ritmo con que el haz electrónico completa su ciclo de movimiento

vertical, desde la parte superior hasta la parte inferior de la pantalla para volver nuevamente a la parte superior. Por consiguiente, los circuitos de deflexión (desviación) vertical para los tubos de cámara y para el tubo de imagen funcionan a 60 Hz.

El tiempo de cada ciclo de exploración vertical de un campo es $1/60$ segundos. El número de líneas de exploración horizontal de un campo es 262.5 líneas pares o impares, entonces el número de líneas por segundo es $262.5 * 60 = 15,750$. Esta frecuencia de 15,750 Hz es la velocidad con que el haz electrónico completa su ciclo de movimiento horizontal de izquierda a derecha y vuelve a la izquierda nuevamente. Por tanto, los circuitos de deflexión horizontal del tubo de cámara y del tubo de imagen funcionan a 15,750 Hz. El tiempo durante el cual se realiza la exploración de una línea horizontal es $1/15,750 = 63.5 \mu\text{segundos}$. Este tiempo en microsegundos indica que la señal vídeo que corresponde a los elementos de imagen contenidos en una línea horizontal puede tener altas frecuencias ($f = 1/T$). Si hubiese más líneas, el tiempo de exploración sería más corto, y las frecuencias vídeo serían más altas.

En el sistema de 525 líneas, la más alta frecuencia vídeo está limitada a 4 MHz aproximadamente, a causa de la restricción de 6 MHz para los canales de difusión comercial de televisión.

1.4.1 Sistemas de TV

El comité nacional de estándares de televisión (NTSC por sus siglas en inglés) es un sistema de 525 líneas de exploración y 30 cuadros por segundo, se utiliza primordialmente en los Estados Unidos, Canadá, Groenlandia, México, Centroamérica, Cuba, Panamá, Japón, las Filipinas, Puerto Rico, y parte de Suramérica.

Como 30 cuadros están formados por 60 campos, al NTSC se le conoce como un sistema de 525 líneas y 60 campos. El sistema NTSC fundamentó su ciclo temporal en la frecuencia de oscilación eléctrica de 60 Hz. Hay otros países con frecuencia de 50Hz, y se hizo lógico desarrollar un sistema de televisión sobre la base de 50 ciclos.

Más de la mitad de los países del mundo se adhieren a uno de los dos sistemas de 625 líneas y 25 cuadros: SECAM (Système Électronique pour Couleur avec Mémoire) o PAL (Phase Alternating Line).

SECAM se utiliza básicamente en Francia y los países que pertenecían a la antigua Unión Soviética. PAL se utiliza en la mayor parte de Europa Occidental, exceptuando Francia y Argentina. Las 100 líneas extras en los sistemas PAL y SECAM permiten mayor detalle y claridad en la imagen de vídeo, pero los 50 campos por segundo, comparados con los 60 del sistema NTSC producen cierto "parpadeo" a veces aparente.

1.4.2 Sincronismo

El tiempo de exploración corresponde a la distancia en la imagen. Cuando el haz electrónico del tubo de cámara explora la imagen, el haz cubre los diferentes elementos de ésta y provee la correspondiente información. Por consiguiente, cuando el haz electrónico explora la pantalla del tubo de imagen en el receptor, la exploración debe estar exactamente sincronizada para que ensamble la información de imagen en la posición correcta. De otra manera, el haz electrónico puede estar explorando en el tubo de imagen la parte de la pantalla en que debe estar situada la boca de una persona mientras que en ese tiempo se está recibiendo la información de imagen que corresponde a su nariz.

Para que se correspondan exactamente la exploración del transmisor y la del receptor, deben ser transmitidas con la información de imagen señales de sincronización especiales. Estas señales temporizadoras son impulsos rectangulares que se utilizan para controlar la exploración en la cámara y en el receptor respectivamente. Los impulsos sincronizadores son transmitidos como parte de la señal de imagen completa para el receptor, pero ocurren durante el tiempo de borrado cuando no se transmite información de imagen.

1.4.3 Sincronismo horizontal

Al final de cada línea, un impulso de sincronización horizontal determina el inicio del retorno horizontal. La sincronización tiene lugar al principio del retorno o al final de la traza, y no al principio de la traza. El retorno horizontal del haz electrónico comienza en el lado derecho de la imagen.

1.4.4 Sincronismo vertical

La sincronización vertical al final de cada campo determina el comienzo del retorno vertical. En ese instante, el haz electrónico está en la parte inferior de la imagen. Sin la sincronización vertical del campo, la imagen reproducida en el receptor no estaría inmóvil o fija sino que se desplazaría subiendo y bajando en la pantalla del tubo de imagen. Si las líneas de exploración no estuviesen sincronizadas, la imagen no estaría tampoco fija sino que se deslizaría horizontalmente a izquierda y derecha y, entonces, se desgarraría en segmentos diagonales.

1.5 Señal de color de 3.58 MHz

El sistema para la televisión en color es el mismo que para la televisión monocromática, excepto que también se utiliza la información de color. Esto se realiza considerando la información de imágenes en términos de rojo (R por su sigla en inglés), verde (G por su sigla en inglés) y azul (B por su sigla en inglés).

Cuando es explorada la imagen en el tubo de cámara, se producen señales de vídeo separadas para la información de rojo ,verde y azul de la imagen. Filtros ópticos de color separan los colores para la cámara. Sin embargo, para el canal estándar de 6 MHz de televisión, las señales de vídeo de rojo, verde y azul son combinadas de modo que se forman dos señales equivalentes, una correspondiente al brillo y la otra para el color.

En un receptor de televisión en color, la señal de color es combinada con la señal de luminancia para recuperar las señales vídeo originales de rojo, verde, azul. Luego, éstas son utilizadas para reproducir la imagen en color sobre la pantalla de un tubo de imagen de color, las pantallas de color tienen fósforo que producen los tres colores. Todos los colores pueden ser reproducidos como mezclas de rojo, verde y azul.

1.5.1 Señal de luminancia

Contiene solamente variaciones de brillo de la información de imagen, incluyendo los detalles finos, lo mismo que en una señal monocromática.

La señal de luminancia se utiliza para reproducir la imagen en blanco y negro. Esta señal se denomina comúnmente señal Y.

La luminancia indica la cantidad de intensidad de luz que es percibida por el ojo humano como brillo. En una imagen en blanco y negro las partes más claras tienen más luminancia que las partes más oscuras. Sin embargo, diferentes colores tienen también sombras de luminancia ya que algunos colores aparecen más brillantes que otros.

La luminancia indica realmente como aparece el color en la reproducción de blanco y negro. Consideremos que se ha fotografiado una escena en blanco y negro o televisado en monocromía. La imagen incluye un vestido lleno de colorido con una falda rojo oscuro, una blusa amarilla y un sombrero rojo claro.

Con la misma iluminación, estos diferentes matices¹ tendrán diferentes valores de brillo y serán reproducidos en diferentes tonalidades de blanco y gris.

Las variaciones relativas de brillo para los diferentes matices hacen posible reproducir escenas, que son de color, por ejemplo, en el caso anterior, la luminancia hace posible la diferencia entre un rojo claro y un oscuro. Los componentes de la señal Y son 30% de rojo, 59% de verde y 11% de azul. Estos porcentajes dan la sensación aproximada del brillo en la visión humana para los diferentes colores. En consecuencia, una imagen monocromática producida por la señal Y aparece como sombreados correctos de gris y blanco.

1.5.2 Señal de crominancia

Este término se utiliza para combinar el matiz y la saturación². En la televisión en color, la señal de color de 3.579545 MHz es específicamente la señal de crominancia. En resumen, la crominancia incluye toda la información de color sin el brillo. La crominancia y el brillo juntos especifican la información de imagen completamente. Esta señal C contiene el matiz y la saturación para todos los colores. Su frecuencia es 3.58 MHz. Podemos reservar el término crominancia para la señal subportadora³ modulada de 3.579545 MHz. La información de color está en las señales de vídeo de color rojo, verde y azul. El

¹ **Matiz.** El color en sí mismo es un matiz, o tinte. El color de cualquier objeto se distingue por su matiz. Resultan diferentes matices cuando diferentes longitudes de onda de la luz producen la sensación visual en el ojo.

² **Saturación.** Los colores saturados son vívidos, intensos, profundos o fuertes. Los colores pálidos tienen poca saturación. La saturación indica cómo está diluido el color por el blanco.

³ **Señal subportadora.** Modula a otra onda portadora de frecuencia más alta. En la televisión en color, la información de color modula a la señal subportadora de color de 3.579545 MHz, la cual modula, a su vez, a la señal portadora principal de imagen en el canal estándar de difusión.

margen de estas frecuencias de modulación o banda base para el color, se puede considerar prácticamente que es de 0 a 0.5 MHz. Resumamos estas diferencias en los márgenes de frecuencia:

Señal C: Incluye las frecuencias o bandas laterales por encima y por debajo de la Subportadora modulada de 3.579545 MHz, principalmente de 3.08 a 4.08 MHz.

Señal vídeo R, G y B: Incluyen las frecuencias de la banda base de 0 a 0.5 MHz.

Señales vídeo R-Y, B-Y y G-Y: Incluye también las frecuencias de la banda base. Sin embargo, estos símbolos significan mezclas de color a causa de que cada una tiene las componentes de color de la señal -Y.

1.5.2.1 Sección de matriz

En el transmisor, un circuito de matriz combina las tensiones R, G y B en proporciones dadas para formar tres señales vídeo que son las elegidas para la difusión.

Una señal contiene la información de brillo, las otras dos señales contienen el color. Las dos señales de color de salida de la matriz deben ser mezclas de color, lo que significa que contienen rojo, verde y azul.

Dos mezclas pueden tener toda la información del color original de los tres primarios. Las dos mezclas, más la luminancia Y, corresponden a la información

real de la imagen. Ejemplos importantes de mezclas de color para codificar la información de color R, G y B son la señal I y la señal Q.

1.5.3 *Burst* de sincronismo de color

El *burst* consiste en 8 u 11 ciclos de la subportadora de color de 3.579545 MHz. Su objetivo es sincronizar el oscilador de color de 3.579545 MHz del receptor.

El *burst* y la señal C son ambos de 3.579545 MHz, pero el *burst* no tiene información de imagen, ya que sólo está presente durante el tiempo de borrado. Sin sincronismo de color, pueden deslizarse las barras de color. El *burst* de sincronismo de color no interfiere con la sincronización de los osciladores de deflexión.

La presencia o ausencia del *burst* determina de que manera reconoce el receptor de color si un programa es de color o blanco y negro.

1.6 El canal de difusión de televisión de 6 MHz

Cada estación de televisión tiene un canal de 6 MHz dentro de una de las siguientes bandas asignadas a la difusión comercial de televisión:

1. 54 a 88 MHz para los canales VHF de banda baja 2 a 6.
2. 174 a 216 MHz para los canales VHF de banda alta 7 a 13.
3. 470 a 890 MHz para los canales UHF 14 a 83.

En cada canal están incluidas ambas señales portadoras de Radio Frecuencia (RF, por sus siglas en inglés) de imagen y sonido. Cada canal se utiliza para las señales de imagen y sonido como muestra la figura 3.

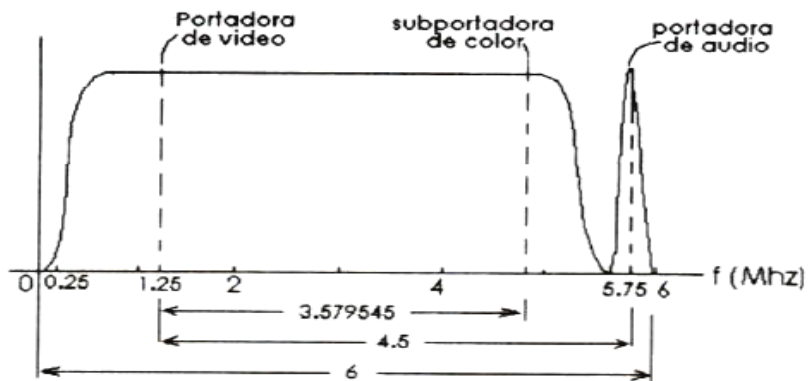


Figura 3. Frecuencias en el canal estándar de TV de 6 MHz

Fuente: Estuardo Morales, **Control de los parámetros de operación de una estación de transmisión de televisión abierta NTSC**, Pág. 31

El ancho de banda de 6 MHz es necesario principalmente para la señal portadora de imagen. La amplitud de esta señal portadora es modulada por la

señal vídeo con un amplio margen de frecuencias vídeo de hasta aproximadamente 4 MHz.

Las frecuencias moduladoras vídeo más altas de 2 a 4 MHz corresponden a los detalles horizontales de la imagen más pequeñas. También están incluidas en el canal la señal portadora de sonido para la imagen, que se denomina sonido asociado.

La portadora de sonido es una señal de FM (Frecuencia Modulada) modulada por frecuencias audio comprendidas en el margen de 50 a 15,000 Hz. En la señal de sonido de TV la máxima excursión de la frecuencia portadora es ± 25 KHz para modulación de 100%.

La AM (Amplitud Modulada) es mejor para la señal de imagen a causa de que las imágenes fantasma resultantes de la recepción por diversos caminos son menos perceptibles. Con AM los fantasmas se mantienen inmóviles, pero con FM fluctúan en la imagen.

La figura 3 muestra las señales portadoras diferentes incluidas en el canal. La frecuencia portadora de video, designada P, es siempre 1.25 MHz más alta que el extremo inferior del canal. En el extremo opuesto, la frecuencia portadora de audio, designada S, es 4.5 MHz superior a la portadora de video, o 0.25 MHz inferior al extremo alto. Esta separación entre las frecuencias portadoras es aplicable a todos los canales de TV en las bandas de VHF y UHF, tanto si el programa de TV es de color o monocromático.

Obsérvese que la frecuencia portadora de vídeo no está situada en el centro del canal de 6 MHz, a causa de que esta disposición proporciona más espacio para las bandas laterales superiores de la señal portadora modulada de vídeo.

Para aplicar la separación estándar a las portadoras RF reales consideremos, por ejemplo, el canal 3. Este canal es de 60 a 66 MHz, lo cual significa una banda de 6 MHz de anchura. La frecuencia portadora de vídeo es $60 + 1.25 = 61.25$ MHz. La frecuencia portadora de sonido es $66 - 0.25 = 65.75$ MHz. La portadora RF de sonido también es 4.5 MHz más alta que la portadora de imagen, porque estas dos frecuencias están siempre exactamente separadas 4.5 MHz.

Esta diferencia de frecuencias es importante porque todos los receptores de TV utilizan 4.5 MHz para la señal de frecuencia intermedia (FI) de sonido. La señal de 4.5 MHz se llama señal de sonido de interportadora. En el receptor, la señal de sonido se mezcla con la portadora de imagen para que la diferencia de frecuencia sea exactamente igual a 4.5 MHz.

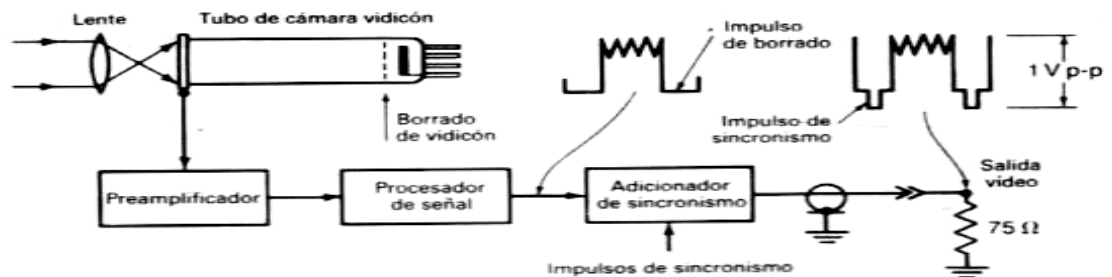
El método de sonido de interportadora hace que en el receptor sea mucho más fácil sintonizar el sonido asociado a la imagen, especialmente en los canales de UHF.

1.7 Operación fundamental de una cámara de televisión

Una ventaja importante de las cámaras de televisión es que se puede ver la imagen inmediatamente, en lugar de esperar a revelar la película. El diagrama de bloques de la figura 4 muestra detalles de la forma de onda de la señal vídeo.

Primero son añadidos los impulsos de borrado a la señal de cámara. Estos hacen que la amplitud de la señal se sitúe al nivel de negro para que los retornos de exploración no sean visibles. Luego son insertados los impulsos de sincronización.

Figura 4. Diagrama de bloques que muestra como la cámara suministra la señal de vídeo



Fuente: Bernard Grob. **Televisión práctica**. Pág. 45

Es necesaria la sincronización de los impulsos de exploración horizontal y vertical. El nivel normal de la salida de la señal vídeo de la cámara es 1V p-p (un voltio pico a pico), con los impulsos de sincronismo en la posición baja para polaridad negativa.

La imagen óptica es enfocada a la placa frontal de vidrio de la cámara. Como el vidrio es transparente, la luz incide en la superficie interior de la placa de imagen fotoeléctrica. La lente óptica produce una imagen invertida de la escena explorada por el haz electrónico.

La imagen esta invertida de derecha a izquierda y de abajo arriba. Toda lente convergente produce una imagen invertida. Además de la formación de la imagen óptica, la lente regula la luz por un diafragma mecánico incorporado en la armadura de la lente. El diafragma ajusta la abertura para regular la cantidad de iluminación que pasa a través de la lente.

La abertura del diafragma está calibrada en puntos del diafragma. En cámaras de bajo costo para uso individual o aplicaciones industriales, la abertura del diafragma se ajusta manualmente. La iluminación puede ser ajustada automáticamente en cámaras más avanzadas.

Dentro del tubo de cámara, la imagen óptica es convertida en una figura de carga eléctrica. La cantidad de carga de cada elemento de imagen varía de modo directamente proporcional a la cantidad de luz. Esta figura de carga es explorada sucesivamente o secuencialmente en el tiempo por el haz electrónico que barre toda la placa de imagen. Aquí, la exploración se efectúa de derecha a izquierda y de abajo arriba.

Recuérdese que la imagen en el tubo de cámara está invertida por la lente. La función del haz electrónico de exploración es descargar cada punto de la figura de carga de la imagen. Esta descarga produce la corriente de señal desde el electrodo de salida del tubo de cámara. Cuando es explorada toda la figura de carga, se produce la corriente de señal para la imagen.

La corriente de señal del tubo de cámara es extremadamente pequeña, de algunas décimas de microamperio. Por tanto, la primera etapa en la figura 4 representa un preamplificador para la señal de cámara del nivel bajo. Esta etapa representa un amplificador de alta ganancia y poco ruido.

El preamplificador está situado todo lo cerca posible del terminal de salida del tubo de cámara. El haz electrónico explorador es suprimido durante los intervalos de retorno. Esta supresión durante el retorno es necesaria para que el haz pueda retornar a su posición de partida sin que sea visible. El nivel de borrado o supresión del haz establece una referencia para el nivel de negro.

Después del preamplificador está el procesador de señal y el adicionador de sincronismo. El procesado de señal corrige las sombras indeseables en la imagen y provee la relación de contraste deseada. El sombreado se produce porque las características de la placa de imagen fotosensible no son perfectamente uniformes en toda su superficie.

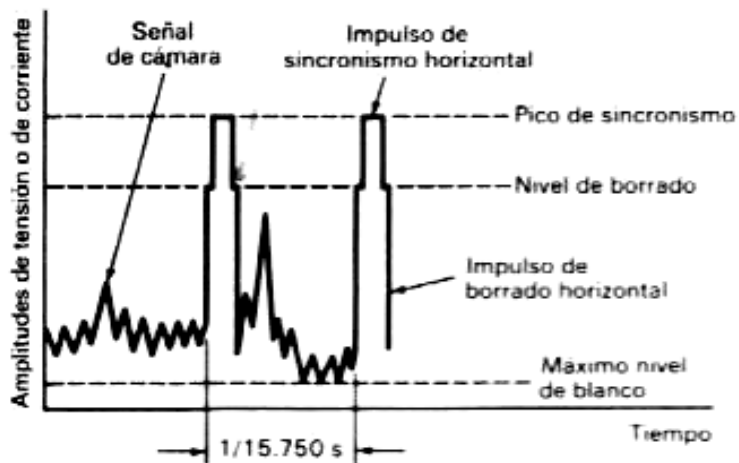
Es necesario tener la relación de contraste que se desee, lo que se llama corrección de gamas, para compensar el hecho de que el tubo de imagen resalta el blanco en la reproducción de la imagen. El proceso final incluye la fijación del nivel de las partes borradas de la señal vídeo con respecto a algún nivel de tensión, seguida por la inserción de los impulsos de sincronización. En efecto, el nivel de borrado es un nivel de pedestal en el cual se añade el sincronismo.

El resultado final es la señal vídeo compuesta, que incluye las variaciones de la señal de cámara, los impulsos de borrado, los impulsos de sincronismo, la señal color e 3.579545 MHz y el *burst* de sincronismo de color. El nivel normalizado de salida es 1 V p-p a través de 75 ohmios. Los circuitos de salida de cámara están diseñados para excitar un cable coaxial de 75 ohmios.

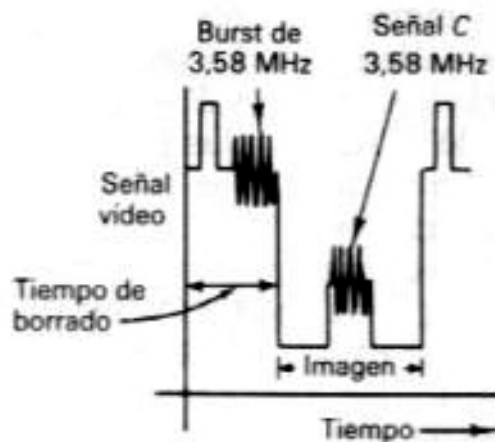
1.8 Análisis de la señal vídeo

En la figura 5 (a) están indicados los valores sucesivos de las amplitudes de tensión y de corriente para la exploración de dos líneas horizontales en la imagen.

Figura 5. Señal video compuesta correspondiente a dos líneas horizontales



(a)



(b)

Fuente: Bernard Grob. **Televisión práctica**. Página. 177

Cuando aumenta el tiempo en la dirección horizontal, las amplitudes varían para los matices de R, G y B en la imagen.

Empezando en el extremo de la izquierda de la figura, en el instante cero, la señal está en un nivel de blanco y el haz explorador está en el lado izquierdo de la imagen. Cuando es explorada la primera línea de izquierda a derecha, son

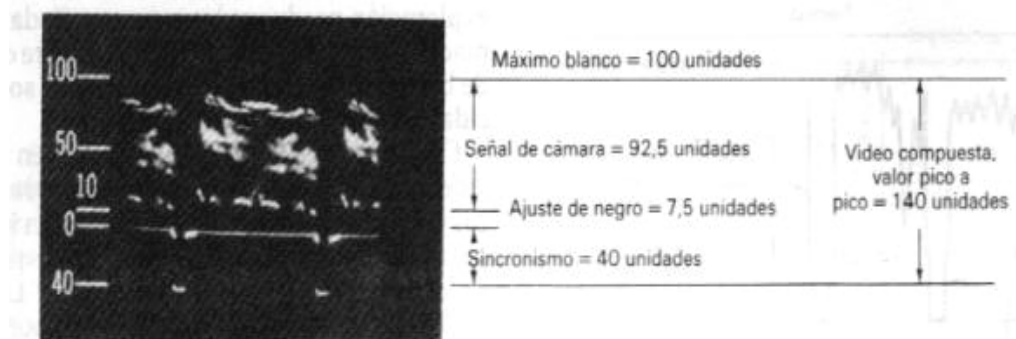
obtenidas las variaciones de señal de cámara con varias amplitudes que corresponden a la información de imagen necesaria.

Después de que la traza horizontal produce la señal de cámara para una línea, el haz explorador está en el lado derecho de la imagen. Luego se inserta el impulso de borrado para poner la amplitud de la señal vídeo al nivel de negro para que sea invisible el retorno. A mitad del retorno se encuentra el impulso de sincronismo y seguido de este el *burst* de sincronismo de color como muestra figura 5 (b).

1.8.1 Escala IRE

En los monitores de osciloscopios se comprueba la amplitud de la señal vídeo con polaridad negativa de sincronismo para adoptar la escala IRE representada en la figura 6. IRE significa *Institute of Radio Engineers*, que ahora se denomina Instituto de Ingeniería Eléctrica y Electrónica (IEEE por sus siglas en inglés). La escala total IRE incluye 140 unidades pico a pico, con 100 por encima de cero y 40 debajo.

Figura 6. Líneas de la señal video con la escala IRE de amplitudes



De las 140 unidades totales IRE, 40 (o aproximadamente el 29 %) son para sincronismo. Obsérvese que los picos de negro de las variaciones de la señal de cámara están separadas del nivel de supresión de negro en 7.5 unidades IRE, que es aproximadamente el 5% del total. Esto se hace con el fin de asegurarse que las señales de la subportadora de color, cuyo nivel se aproxime al de negro en la señal de cámara, no interfieran con las amplitudes de sincronismo.

El nivel máximo de blanco se aproxima a 100 unidades IRE. Por tanto, el nivel de negro se ajusta en 7.5 unidades.

1.8.2 Máximo número de elementos de imagen

El periodo de un ciclo completo para la variación de la señal de 4 MHz es $1/(4000000) = 0.25$ microsegundos. Este es el tiempo necesario para explorar dos elementos de imagen adyacentes.

Como se pueden explorar dos elementos en 0.25 microsegundos, pueden ser explorados ocho elementos en un microsegundo. Finalmente, $8 \times 53.3 = 426$ elementos de imagen pueden ser explorados durante todo el periodo activo de línea de 53.3 microsegundos.

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. Los cálculos teóricos y las figuras experimentales dan márgenes de utilización de 0.6 a 0.8 para diferentes imágenes con contenido normal de imagen. Podemos utilizar como promedio 0.7.

Ahora puede ser determinado el máximo número de elementos verticales. El número de líneas visibles es 525 menos el de los explorados durante el borrado vertical.

Con un tiempo de borrado vertical de 8 %, el número de líneas suprimidas en todo el cuadro es 0.08×525 , o sea, 42 líneas aproximadamente. Algunas de estas líneas ocurren durante el retorno vertical y otras son exploradas en las partes superior o inferior del cuadro, pero todas son suprimidas.

Restando, quedan 483 líneas visibles. Con una relación de utilización de 0.7 el número de líneas útiles para mostrar un detalle vertical es $483 \times 0.7 = 338$. Este valor representa el número de líneas de exploración efectivas.

A base de los cálculos anteriores, el número máximo de elementos de imagen posible para toda la imagen es 426×338 , o sea aproximadamente 144,000. Este número es independiente de las dimensiones de la imagen. La relación entre la anchura y la altura del cuadro de imagen es lo que se llama relación de aspecto. Está normalizada en 4:3, de modo que la anchura de la imagen es igual a la altura multiplicada por 1.33. El que la anchura del cuadro sea mayor que su altura permite reproducir el movimiento de la escena, que ordinariamente tiene dirección horizontal.

1.9 Televisión digital

El principal problema de la televisión analógica es que no saca partido al hecho de que en la mayoría de los casos, las señales de vídeo varían muy poco al pasar de un elemento de imagen (píxel) a los contiguos, o por lo menos existe una dependencia entre ellos. En pocas palabras, se derrocha espectro electromagnético.

Los canales radioeléctricos de la televisión digital ocupan la misma anchura de banda (6 MHz) que los canales utilizados por la televisión analógica pero, debido a la utilización de técnicas de compresión de las señales de imagen y sonido (MPEG), tienen capacidad para un número variable de programas de televisión en función de la velocidad de transmisión.

La señal digital puede ser transportada con un 100 % de exactitud, que proporciona una señal de programa al aire con características completamente estables. El desarrollo de la televisión digital conduce a un futuro en el que los sistemas de televisión adopten en su totalidad el proceso digital; la limitante, para este cambio, es puramente económica. Actualmente los sistemas de televisión en Guatemala se encuentran en un proceso de transición que puede llevar algunos años más, hasta adoptar un sistema de televisión digital en su totalidad.

Una manera de representar el vídeo analógico, digitalmente, es a través de un sistema conocido como Modulación de Pulsos Codificados (PCM), el cual se basa en una transformación de una representación continua de una señal analógica, a una representación con valores discretos de la misma, lo cual significa que la señal de valores continuos es ahora de valores discretos.

La forma de onda no es transportada en una representación continua, sino por mediciones a intervalos regulares. Este proceso se denomina muestreo, y la frecuencia a la cual ocurre, se denomina frecuencia de muestreo, la cual debe ser por lo menos el doble de la frecuencia de la subportadora de color analógica, que en este caso es de 13.5 Mhz (cabe mencionar que el muestreo es un proceso analógico).

Para completar la conversión a PCM, cada muestreo es representado exactamente por un número discreto, en un proceso conocido como cuantificación. (ver figura 7). Esencialmente, se puede decir que el vídeo digital representa numéricamente la forma de onda original analógica. A mayor cuantificación, el muestreo tiende a ser cada vez mayor y se asemeja mas a la señal analógica. Por ejemplo, los niveles de cuantificación pueden ser: 16 niveles para 4-bits, 256 niveles para 8-bits, 1024 niveles para 10-bits de vídeo.

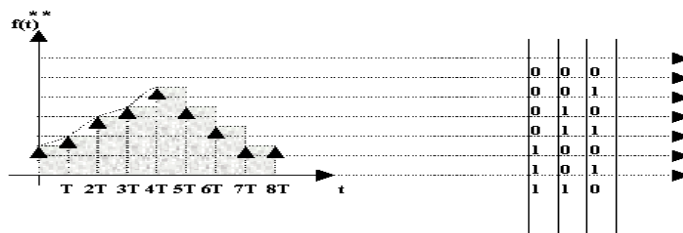


Figura 7. Modulación de Pulso Codificado

La resolución mínima para la cuantificación de una señal de vídeo con una calidad suficiente para su difusión hasta un terminal visualizador es de 8 bits (la relación señal/ ruido máxima se sitúa en torno a los 6dB por bit de cuantificación, o sea, en torno a los 48 dB para 8bits). Por tanto, esto proporciona un flujo mínimo de $13.5 \times 8 = 108$ Mbits/segundo, cifra ya bastante considerable. Sin embargo, a nivel de producción, la señal compuesta digitalizada ofrece pocas ventajas con respecto a la misma señal analógica, salvo que se pueden efectuar copias sin degradación.

Esta es la razón por la que la forma de digitalizar la señal de vídeo apenas se utiliza en el origen de la información para aplicaciones de difusión.

1.9.1 El formato 4:2:2

La recomendación CCIR601, establecida en 1982, define las condiciones de digitalización de las señales de vídeo para estas aplicaciones, basadas en una señal Y, Ca, Cr en el formato llamado 4:2:2 (4 muestreos Y por 2 muestreos Ca y 2 muestreos Cr), con una digitalización sobre 8 bits, con posibilidad de ampliarla a 10 bits para aplicaciones más exigentes.

Cualquiera que sea el estándar de barrido, la frecuencia de muestreo es de 13.5 Mhz para la luminancia Y, y de 6.75 Mhz para las señales de crominancia Ca y Cr, lo que se corresponde con una definición de 720 muestreos por línea en luminancia y de 360 muestreos por línea de crominancia, cuya posición coincide con la de los muestreos impares de luminancia.

Dado que las señales Ca y Cr están disponibles simultáneamente en cada línea, la definición vertical es idéntica tanto para luminancia como para crominancia, y se corresponde con el número de líneas útiles del estándar de exploración de partida (480 para los estándares de 525 líneas, 576 para los de 625). El flujo bruto resultante es:

$$13.5 \times 8 + 2 \times 6.75 \times 8 = 216 \text{ Mbits/segundo (270Mbits/segundo con 10 bits)}$$

Además, la digitalización de la parte útil de la señal de vídeo solamente requiere 166 Mbits, si se tiene en cuenta la inutilidad de digitalizar los intervalos de borrado de línea y campo. Por tanto, estos tiempos libres pueden

aprovecharse para transportar los canales de sonido digital, así como datos de servicio u otros.

La recomendación CCIR 656 define la interfaz normalizada para el intercambio de señales en formato 4:2:2, incluyendo también los conectores asociados para las aplicaciones que se lleven a cabo en estudio.

Sin entrar en detalles, digamos que esta norma proporciona las señales Y, Ca, Cr digitalizando la señal según el estándar CCIR 601 en forma de multiplexado por división de tiempo (TDM, por sus siglas en inglés), (Cr1Y1Ca1Y2..Cr3Y3Ca3....) sobre un mismo bus paralelo de 8bits asociado a un reloj síncrono de 27 Mhz (un ciclo por muestreo Y, Ca o Cr).

La sincronización, así como la transmisión de datos durante el tiempo de supresión, están incluidas en el flujo de datos, siendo los conectores normalizados de tipo DB25. También existe una versión serie de la interfaz CCIR656, más sencilla a nivel de conexión y mejor adaptada a la transmisión, aunque genera un flujo ligeramente superior (243 Mbits/segundo) debido a la codificación de los datos sobre 9 bits que soporta este modo.

Para aplicaciones menos exigentes en resolución y con vistas a reducir el volumen de información todo lo posible, se han definido ciertos subproductos del formato 4:2:2. El formato 4:2:0 se obtiene a partir del estándar 4:2:2, utilizando la misma crominancia para colorear dos líneas consecutivas, de forma que se reduce el flujo y la cantidad de memoria necesaria en los circuitos de tratamiento, al tiempo que se ofrece una resolución de crominancia vertical equivalente a la resolución horizontal, por tanto, suficiente.

Los muestreos C_a y C_r transmitidos se obtienen de las dos líneas consecutivas que se colorearan en la reproducción. La resolución de luminancia y la resolución horizontal de crominancia son idénticas al 4:2:2. El formato 4:2:0 es el utilizado como punto de partida para la codificación MPEG2.

Es fácil comprender que un flujo que necesita entorno a los 200 Mbits/s, como el requerido por la norma 4:2:2, no pueda ser considerado a la hora de difundir la señal de vídeo hacia el usuario final, ya que necesitaría un ancho de banda 5 ó 6 veces la ocupada por una señal analógica NTSC. De hecho, con una técnica de modulación 64-QAM (adaptada al transporte por cable, con símbolos de 6 bits), serían necesarios unos 40MHz.

Con una modulación QPSK (adaptada a la transmisión por satélite, con símbolos de 2 bits), se ocuparía un ancho de aproximadamente 135 MHz.

La convicción de que no se podría resolver de forma económica este problema en un futuro inmediato, es lo que ha retrasado el despegue de la difusión 100% digital. Las condiciones que había que satisfacer antes de poder considerar el lanzamiento de los servicios de difusión de televisión digital, imponían encontrar soluciones a problemas que se pueden clasificar en dos categorías, que se describen a continuación.

1.9.1.1 Codificación de la fuente

Aquí se trata de desarrollar técnicas de compresión de vídeo y audio para intentar reducir el flujo digital (en términos de megabits por segundo de imágenes animadas a una resolución dada) al valor más pequeño posible, pero compatible con una degradación prácticamente imperceptible de la imagen televisada en movimiento, y su sonido correspondiente.

Estos sistemas de codificación se basan en el hecho de que la probabilidad de que aparezca un elemento (o mensaje) codificado sobre n bits generado por una fuente entre los 2^n posibles no es igual para todos los elementos. Por tanto, sería interesante codificar sobre menos bits los elementos de aparición frecuente y sobre más bits los elementos más raros, para obtener una longitud media inferior a la longitud fija, lo que permite una reducción del flujo. Esto implica, o bien un análisis previo de la serie de elementos que hay que transmitir, incompatible con el tiempo real, o bien el conocimiento de la probabilidad de aparición de todos los elementos posibles obtenida estadísticamente.

El caso de las imágenes de vídeo transformada en coseno discreto (DCT por sus siglas en inglés) se presta bien a esta codificación debido a la concentración de la información sobre pocos coeficientes, a la inversa que la forma temporal de la señal de vídeo, donde los valores de los muestreos tienen las mismas probabilidades.

1.9.1.2 Codificación de canal

Consiste en desarrollar algoritmos de corrección de errores asociados a técnicas de modulación lo más eficaces posible (en términos de Mbits/s por MHz), teniendo en cuenta el ancho de banda disponible y los previsibles defectos del canal de transmisión (ruido, eco.).

1.9.2 Compresión de las señales de vídeo y audio

La compresión es absolutamente imprescindible para poder transmitir imágenes de vídeo por un canal con ancho de banda aceptable. En efecto, una

ocupación espectral comparable a la de una transmisión analógica actual implica un flujo útil máximo del orden de 30 o 40 Mbits/s para poder pasar por un canal vía satélite de 27 a 36 MHz , o por un canal de cable de 6 a 8 MHz.

Examinaremos los principios y las etapas de la compresión que permiten obtener este resultado, y las diferentes normas que se utilizan hoy en día o que pronto aparecerán. Estos métodos de compresión recurren a los procedimientos generales de compresión de datos, aprovechando además la redundancia espacial de una imagen, la correlación entre puntos cercanos y la menor sensibilidad del ojo a los detalles finos de las imágenes fijas (JPEG) y, para las imágenes animadas (MPEG), se saca provecho también de la redundancia temporal entre imágenes sucesivas.

1.9.2.1 La transformada en coseno discreto

La transformada en coseno discreto es un caso particular, aplicada a las señales discretas (muestreos) de la transformada de Fourier, que descompone una señal periódica en una serie de seno y coseno armónicos. Bajo ciertas condiciones, la DCT descompone la señal en una serie de funciones únicamente cosenos armónicos en fase con la señal original, lo que reduce a la mitad el número de coeficientes necesarios, en comparación con una transformada de Fourier.

En el caso de una imagen, trabajaremos a partir de una señal muestreada bidimensional y trataremos con una DCT en dos dimensiones (horizontal y vertical), lo que transformará los valores de luminancia (o crominancia) discretos de un bloque de $N \times N$ píxeles en otro bloque de $N \times N$ coeficientes, que corresponderán a la amplitud de cada una de las funciones de cosenos armónicos.

En el bloque transformado, los coeficientes de las frecuencias horizontales crecientes van de izquierda a derecha sobre el eje horizontal, y los de las frecuencias verticales, crecientes de arriba abajo sobre el eje vertical.

A fin de reducir tanto la complejidad como el tiempo de tratamiento de los circuitos integrados, se ha optado por dividir la imagen en bloques de 8 x 8 píxeles (ver figura 8) que la DCT transforma en una matriz de 8 x 8 coeficientes, donde el primero (arriba a la izquierda, coordenadas 0,0) indica la componente continua (DC) que representa la intensidad media del bloque, y el último (abajo a la derecha), da la componente de frecuencia espacial más elevada para los dos ejes, ver figura 8b

Figura 8. División en bloques de 8 x 8 píxeles (los valores representan la intensidad luminosa de un píxel)

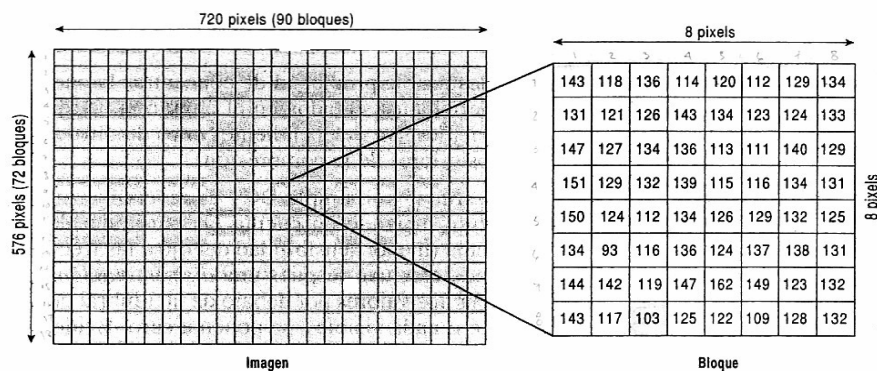
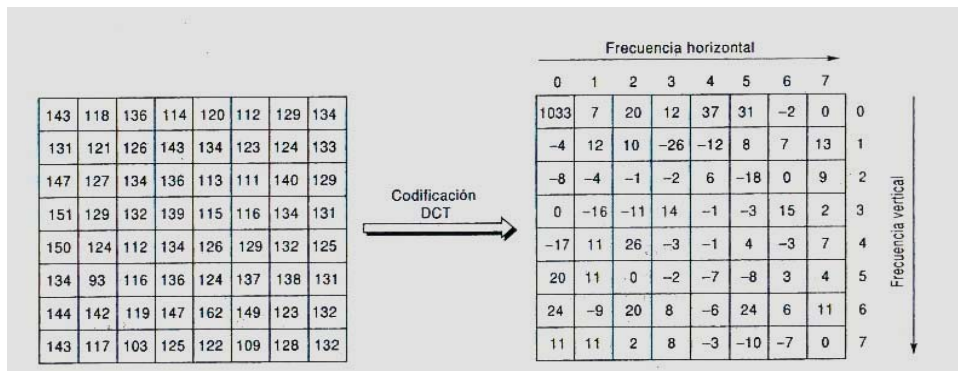


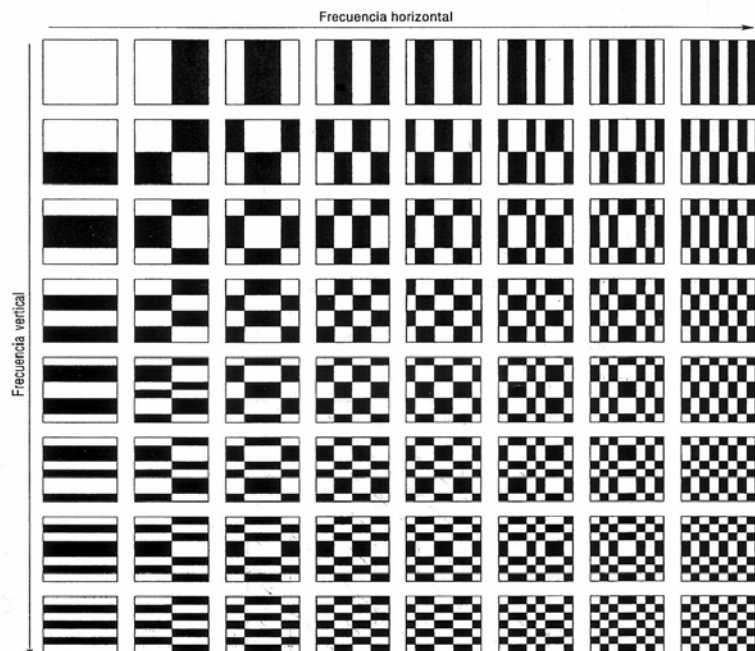
Figura 8b. Transformación de un bloque de 8 x 8 píxeles en una matriz de 8 x 8 coeficientes



Fuente: Herve Benoit, **Televisión digital**. pág. 30

La figura 9 representa de forma visual la contribución de cada uno de los coeficientes al aspecto del bloque de 8 x 8 píxeles originales (el aspecto del bloque podría obtenerse ponderando cada uno de estos casos por su coeficiente y sumando el conjunto).

Figura 9. Ilustración de la contribución de cada uno de los coeficientes al aspecto del bloque



Fuente: Herve Benoit, **Televisión digital**. pág. 31

Dependiendo del número de detalles contenidos en este bloque, los coeficientes de frecuencia creciente serán más o menos elevados, pero en general disminuyen muy rápidamente con la frecuencia debido a la menor energía de las frecuencias espaciales elevadas de las imágenes naturales.

La DCT tiene, por tanto, la destacable propiedad de concentrar la energía del bloque sobre unos pocos coeficientes situados en el ángulo superior izquierdo; por otro lado, los coeficientes son independientes unos de otros. Eso podrá aprovecharse en etapas posteriores de la compresión.

Hasta aquí, el tratamiento efectuado por simple DCT es reversible (no se pierde información). Sin embargo, teniendo en cuenta las particularidades psicofisiológicas de la vista humana (menor sensibilidad del ojo a las

frecuencias espaciales elevadas), se puede efectuar después una discriminación por umbral en función de la frecuencia: los valores por debajo de un umbral determinado, considerados como poco o nada visibles, se ponen a cero. Evidentemente, existe una pérdida de información (irreversible), pero con poca incidencia sobre la calidad de la imagen.

Por último, los coeficientes se cuantifican con una precisión cada vez menor cuando la frecuencia aumenta, permitiendo de este modo una reducción suplementaria de la cantidad de información necesaria para codificar un bloque; aquí también hay pérdida de información y, por tanto, irreversibilidad. Los parámetros de la cuantificación pueden ser utilizados para regular el flujo durante la transmisión de imágenes animadas (que es precisamente lo que hace MPEG).

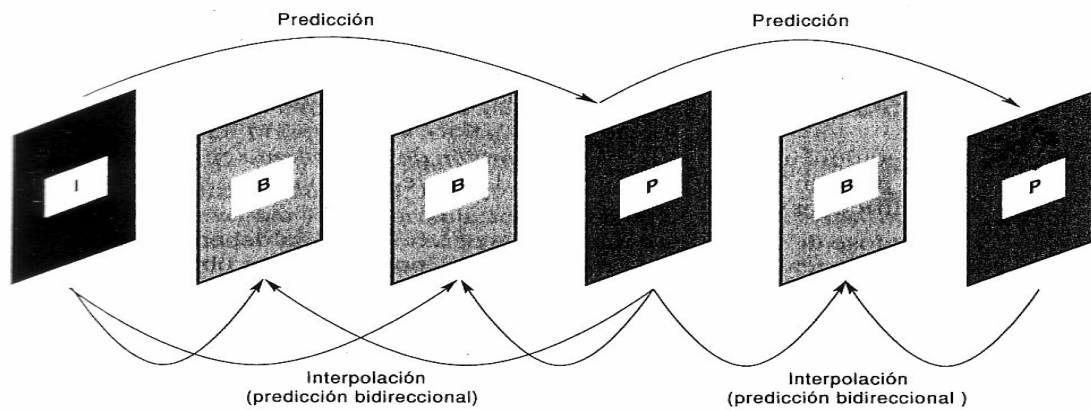
1.9.2.2 Compresión de imágenes animadas

En 1990, la necesidad de almacenar de forma digital y de reproducir imágenes animadas y su sonido estereofónico correspondiente sobre distintas plataformas, motivó a la ISO a crear un grupo de expertos (MPEG, *Moving Pictures Expert Group*) procedentes de todas las áreas implicadas por el problema (informática, telecomunicaciones, semiconductores, radiodifusión, universidades, etc.). El trabajo de este grupo se materializó primeramente en 1992 con la norma ISO/IEC 11172, mucho más conocida con el nombre de MPEG-1 (utilizado en aplicaciones multimedia).

1.9.2.3 Tipos de imágenes MPEG

MPEG define tres tipos de imágenes que se encadenan, según el esquema de la figura 10.

Figura 10. Encadenamiento de los tres tipos de imágenes MPEG



Fuente: Herve Benoit, **Televisión digital**. pág. 38

Las imágenes I (Intra): Son codificadas sin ninguna referencia a otras imágenes, como en JPEG, es decir, que contienen todos los elementos necesarios para su reconstrucción por el decodificador y son, por ello, el punto de entrada obligatorio para el acceso a una secuencia. La tasa de compresión de imágenes I es relativamente pequeña.

Las imágenes P (Previas): Se codifican con respecto a la imagen de tipo I o P anterior, gracias a las técnicas de predicción con compensación de movimiento. Como la compensación de movimiento no es perfecta, no se podrá multiplicar indefinidamente el número de imágenes P entre dos imágenes I, ya que, como se utilizan para codificar otras imágenes P o B, se propagan amplificando cualquier error de codificación. Su tasa de compresión es mayor que la de las imágenes I.

Las imágenes B (Bidireccionales): Se codifican por interpolación entre las dos imágenes de tipo I o P precedente y siguiente que las enmarcan. Como no se utilizan para definir otras imágenes, las imágenes B no propagan los posibles errores de codificación. Este tipo de imágenes es el que ofrece la tasa de compresión más alta.

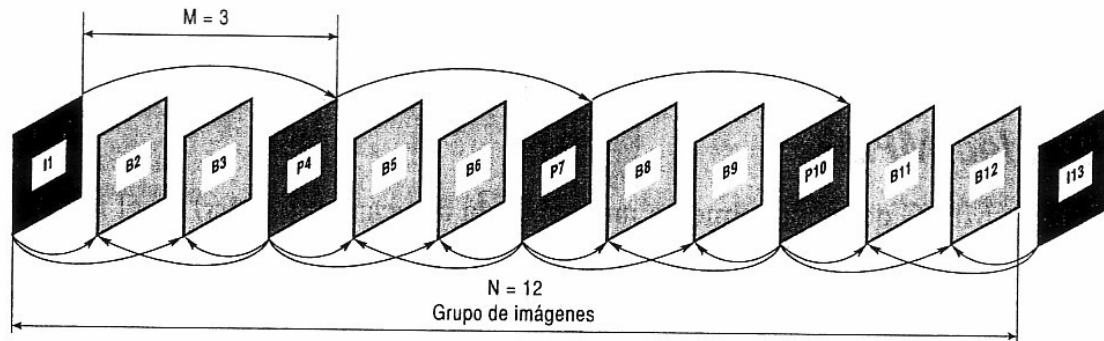
Dependiendo de la complejidad del codificador utilizado, se podrán codificar sólo las imágenes I, las imágenes I y P o las imágenes I ,P y B; sin duda, con resultados absolutamente diferentes a nivel de tasa de compresión y en cuanto a las posibilidades de acceso aleatorio (por tanto, también de edición), así como del tiempo de codificación y de la calidad percibida.

Los dos parámetros M y N definen la manera en que las imágenes I , P y B se encadenan:

- M es la distancia (en número de imágenes) entre dos imágenes P sucesivas.
- N es la distancia entre dos imágenes I sucesivas.

Para alcanzar un flujo de vídeo de 1.15 Mbits/s con una calidad satisfactoria, al tiempo que se mantiene una resolución de acceso aleatorio aceptable (<0.5s), los parámetros comúnmente utilizados son M = 3 y N = 12 (ver figura 11)

Figura 11. Ejemplo de grupo de imágenes, para M = 3 , N = 12



Fuente: Herve Benoit, **Televisión digital**. pág. 39

En este caso, una secuencia de vídeo se compone de $1/12$ (8.33%) de imágenes I, $1/4$ (25%) de imágenes P y $2/3$ (66%) de imágenes B. La tasa de compresión global se ve favorecida por el hecho de que son las imágenes más frecuentes las que tienen la tasa de compresión más alta.

1.9.2.4 Codificación de vídeo MPEG-2

Las normas europeas que abarcan la teledifusión son el resultado de los trabajos, iniciados en 1991, del DVB, cuyo objetivo principal fue la definición de un sistema de televisión digital para su difusión vía satélite, cable o red terrestre.

MPEG-2 constituye la norma para la codificación de la fuente en el sistema definido por DVB. La norma prevé la compatibilidad ascendente, lo que significa que un decodificador MPEG-2 deberá decodificar trenes binarios elementales de la norma MPEG-1.

A partir de la imagen digitalizada en formato 4:2:0, el codificador elige para cada imagen su tipo (I, P o B) y si ésta debe ser codificada en modo progresivo o entrelazado. El codificador a continuación debe estimar los vectores de movimiento para cada macrobloque de 16 x 16 *píxeles*. El número de vectores depende del tipo de imagen y del modo de codificación escogido para cada bloque.

En el caso más general, donde el codificador es capaz de generar imágenes B, deberá reordenar las imágenes antes de la codificación y la transmisión. La unidad básica de codificación es el macrobloque, compuesto por 4 bloques de luminancia de 8 x 8 *píxeles* y (en el caso del formato 4:2:0) de 2 bloques de crominancia (un Ca y un Cr) de 8 x 8 píxeles que abarcan la misma zona de la imagen.

Todos los macrobloques de la imagen se codifican secuencialmente de izquierda a derecha y de arriba abajo, eligiéndose un modo de codificación independiente de cada uno de ellos.

Una vez que se ha elegido el modo de codificación, la predicción con compensación de movimiento del contenido del bloque se hace a partir de la imagen de referencia (I o P) pasada (caso de las imágenes P) y eventualmente futura (caso de las imágenes B). La predicción se elimina de los datos reales del macrobloque, lo que da la señal de error de predicción.

En una imagen con estructura progresiva, el codificador deberá elegir entre efectuar la DCT en modo progresivo o entrelazado. Esto depende principalmente de la amplitud del movimiento entre los dos campos de la imagen.

La señal de error se separa a continuación en bloques de 8 x 8, a los que se aplica la DCT. Cada bloque de coeficiente resultante se cuantifica y barre en zigzag para formar una serie de coeficientes. Seguidamente, se codifica la información auxiliar necesaria para que el decodificador pueda reconstruir el bloque (modo de codificación, vectores de movimiento, etc.) codificando los coeficientes cuantificados con ayuda de una tabla de codificación de Huffman.

La unidad de control de flujo supervisa el estado de ocupación de la salida, utilizando esta información como retorno para controlar el número de bits que el codificador generara para los bloques siguientes, jugando principalmente con los coeficientes de cuantificación. Se obtiene entonces a la salida del codificador un tren binario completo, ya utilizable por un decodificador.

Para aumentar la calidad de la imagen decodificada, el propio codificador almacena y decodifica (descuantificación de los coeficientes después de la DCT inversa) las imágenes I y P, como referencia para reconstruir otras imágenes obtenidas por predicción con compensación de movimiento en el decodificador, y calcula una señal de error que se añade a la señal de predicción.

1.9.2.5 Compresión de las señales de audio

La utilización del audio digital resulta familiar desde la aparición del disco compacto. Puesto que su finalidad era obtener una calidad de alta fidelidad, la banda de paso requerida debía ser de 20 Khz como mínimo, lo que implicaba, una frecuencia de muestreo superior a los 40 Khz; finalmente, se adoptó el valor de 44.1 Khz. También había que garantizar una relación señal/ruido y una respuesta dinámica altas (superior a los 80 dB).

La digitalización de una señal analógica PCM introduce sobre el bit de menor peso el llamado ruido de cuantización, correspondiente a la incertidumbre, que se traduce por una relación señal /ruido de 6db por bit de cuantización, es decir, 96 db con la digitalización sobre 16 bits adoptada. De ello resulta un flujo de $44.1 \times 16 \times 2 = 1,411,2$ Kbits/s para una señal estereo. Para el disco compacto, este flujo es aceptable sin compresión, ya que su capacidad de 640 Mbytes permite garantizar en estas condiciones alrededor de 74 minutos de sonido estereo de alta fidelidad.

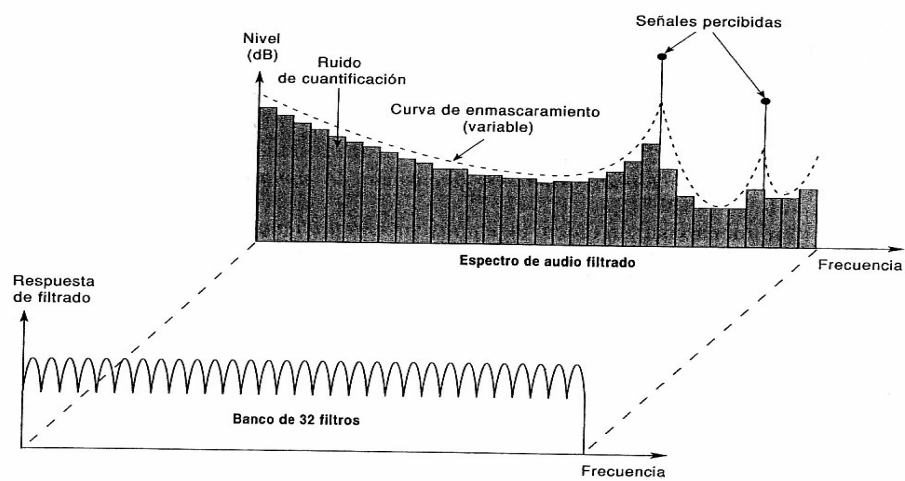
Hay otras dos frecuencias de muestreo corrientemente utilizadas: 32 Khz (telecomunicaciones) y 48 Khz (grabación en estudio, casete de audio digital DAT).

Para la compresión de audio se aprovechan las limitaciones del oído humano, para reducir la cantidad de datos que hay que transmitir, sin deteriorar de forma perceptible la calidad de la señal. Por ejemplo, el oído presenta la máxima sensibilidad entre 1Khz y 5 Khz. También se ha observado que en el caso de escuchar dos señales de frecuencia cercana, la señal más fuerte hace subir el umbral de audición en sus proximidades, cuyo efecto es disminuir la sensibilidad del oído alrededor de estas frecuencias.

Los expertos han determinado un modelo psicoacústico del oído humano, utilizado como referencia a la hora de diseñar el codificador llamado perceptual, que se caracteriza por una curva de enmascaramiento y una cuantificación variable en función de las señales que se vayan a codificar. El principio de esta codificación consiste en dividir el ancho de banda de audio en 32 subbandas de la misma anchura por medio de un banco de filtros. La señal de salida de un filtro de subbanda corresponde a una duración de 32 muestreos PCM de entrada. La figura 12 ilustra el principio de codificación perceptual.

El modelo psicoacústico permite eliminar las señales de subbanda inferiores al umbral del modelo (no percibidos por el oyente) y define la precisión de cuantificación necesaria para cada una de las subbandas, de forma que el ruido de cuantificación permanece inferior al umbral de audición en esta subbanda. De esta forma, las zonas donde el oído es mas sensible pueden ser cuantificadas con mayor precisión que las otras. El esquema de un codificador MPEG simplificado se muestra en la figura 13.

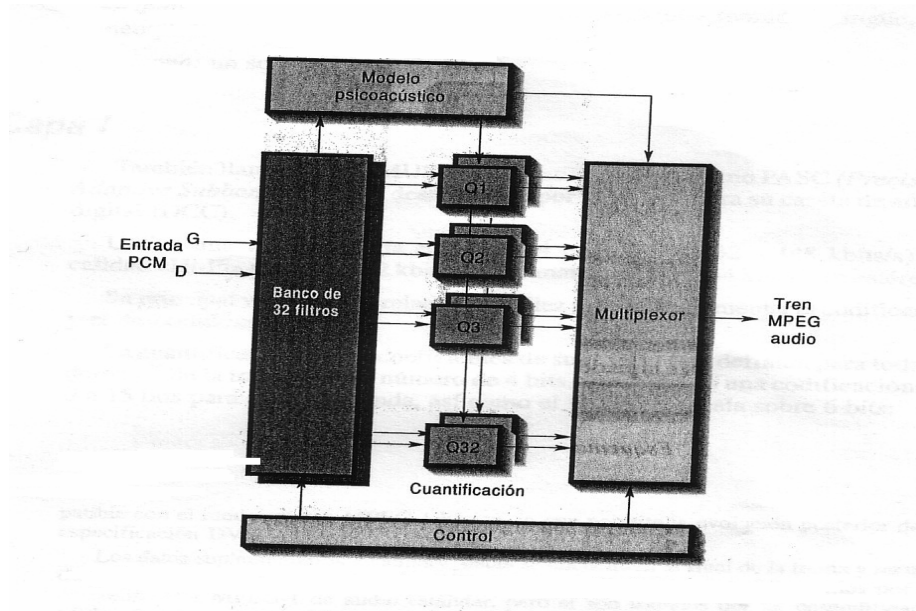
Figura 12 . Principio de la codificación perceptual



Fuente: Herve Benoit, **Televisión digital**. pág. 56

El análisis de la señal para determinar la curva de enmascaramiento y la cuantificación no se hace para cada muestreo PCM, sino en un intervalo de tiempo llamado trama, cuya duración es 12 x 32 muestreos PCM (MPEG-1, capa I), o 12 x 96 muestreos PCM (MPEG-1, capa II). En este intervalo, el codificador evalúa también la amplitud de la señal de amplitud más elevada para definir un valor de escala que se codificara sobre 6 bits (abarcando así un margen dinámico de 128 dB en pasos de 2 dB).

Figura 13. Esquema teórico del codificador MPEG de audio



Herve Benoit, **Televisión digital**. pág. 56

Las normas MPEG de audio definen tres capas de codificación, que se distinguen por su tasa de compresión para una calidad de audio percibida dada. La norma de televisión digital (DVB, por sus siglas en inglés) prescribe para el sonido la utilización de las capas I y II de la especificación MPEG-1 de audio⁴, que prevé cuatro modos principales de transmisión:

- Estereo: los canales izquierdo y derecho se codifican de manera completamente independiente.
- Conexión estereo: aprovechamiento de la redundancia entre los canales izquierdo y derecho a fin de reducir el flujo (con dos codificaciones posibles).

⁴ La norma MPEG-2 de audio toma lo más esencial de MPEG-1 y prevé además la posibilidad de extensión multicanal, que permite la transmisión de sonido por canales múltiples (*surround sound*, de 5 canales) al tiempo que sigue siendo compatible con el modelo estereo MPEG-1 básico.

- Canal dual: los dos canales son independientes (sonido bilingüe, por ejemplo).
- Mono: un solo canal de sonido.

Capa I: También llamada pre-MUSICAL, utiliza una velocidad fija entre las 14 posibles (de 32 a 448 Kbits/s); la calidad “alta fidelidad” necesita 192 Kbits/s por canal de audio (384 Kbits/s en estereo). Su principal ventaja es la relativa sencillez para implementar el codificador y el decodificador.

Capa II: Su algoritmo se conoce como MUSICAM, es el estándar adoptado para la futura radio y televisión digital. Permite obtener una calidad equivalente con un flujo menor (reducción de 30% al 50%) que el de la capa I, a costa de un incremento moderado de la complejidad tanto del codificador como decodificador. El flujo, constante, puede escogerse entre 32 y 192 Kbits/s por canal, la calidad Hi-Fi se obtiene a partir de 128 Kbit/s por canal, es decir 256 Kbits/s en estereo.

Capa III: Utiliza un modelo psicoacústico diferente llamado modelo 2, y un análisis de señal basado en la DCT en vez de la codificación en subbandas de las capas I y II. Están permitidos los dos tipos de codificación conexión estereo. Permite el flujo variable y una tasa de compresión aproximadamente dos veces más elevada que la capa II, a costa de una complejidad mayor del codificador y decodificador, así como un tiempo de codificación/decodificación más largo. La calidad Hi-Fi se obtiene de los 64 Kbits/s por canal (128 Kbits/s en estereo), actualmente no esta prevista en DVB.

1.10 Propagación

El término comunicación eléctrica desde un punto de vista tecnológico se relaciona con el proceso de transmisión de una señal (información) desde una fuente a un destinatario, individual o masivo, físicamente alejado.

Con independencia del tipo de distribución que se utilice (cable o energía radioeléctrica), medio de comunicación (radio, televisión, satélite, etc.) y del tipo de información que se transmita (sonido o imágenes), existe un modelo o estructura común en todos los sistemas de comunicación que emplean el fenómeno de la electricidad y el magnetismo. Un conocimiento del modelo, aunque sea en un nivel básico, y de sus elementos fundamentales permitirá una mayor comprensión para la adaptación o aplicación de este modelo a cualquier forma de comunicación.

Toda comunicación eléctrica está compuesta por un elemento generador de la señal o transmisor, un canal de comunicación y un receptor. Los elementos distintivos de cada uno de los sistemas de comunicación se relacionan con las características del canal de distribución, el tipo de información (“inteligencia”) transmitida o si es recibida por un individuo, comunicación punto a punto, o un público en general. Sin embargo, y a pesar de la diversidad, todos los sistemas tienen un modelo único.

Muy relacionados con el modelo de comunicación eléctrica se encuentran los conceptos de ruido, distorsión y percepción. Los tres están presentes en toda comunicación eléctrica y su conocimiento es fundamental para conocer cómo una información es generada, transmitida y recibida. En cierto modo, se puede afirmar que la existencia de una comunicación por medios eléctricos dependerá de la limitación del ruido y de la distorsión que tendrá como consecuencia un aumento de la perceptibilidad de la recepción. Cuando se

aplica un voltaje a una línea, la corriente no comienza de una manera inmediata sino que, al contrario necesita un tiempo para su producción. El propio material por donde se transmite (sea por cable o por la atmósfera) produce variaciones entre la señal transmitida y la recibida, es decir, una distorsión.

La distorsión es una característica connatural en todo proceso de comunicación eléctrica. La producida en todo sistema no es el único problema de los sistemas de comunicación eléctrica.

El ruido está también siempre presente en toda comunicación eléctrica (los estáticos en los receptores de radio o la “nieve” en los aparatos de televisión son ejemplos de la existencia de ruido) y puede estar producido por el funcionamiento de materiales eléctricos o por la propia energía presente en la atmósfera y en el espacio (los científicos también han detectado un ruido cósmico producido por la luz del sol o de las estrellas, ruido que afecta a las comunicaciones por satélite).

El último concepto importante para la comunicación de información por medios eléctricos es el de perceptibilidad. Para que una señal sea recibida en el receptor debe ser superior a un cierto umbral. La perceptibilidad dependerá tanto de la sensibilidad del equipo receptor como de la magnitud del ruido. Si la señal es demasiado pequeña en relación al ruido no será recibida.

La perceptibilidad de una comunicación se expresa generalmente por la relación señal/ruido (su unidad de medición es el decibelio) que indica la relación entre la intensidad de la señal y del ruido. Así, una relación de 10 decibelios (dB) significa que el poder de la señal es diez veces el del ruido.

La relación señal/ruido está directamente relacionada con la distancia de la transmisión: a mayor distancia disminuye el poder de la señal e incrementa la presencia del ruido. Esta es la razón por la que los sistemas de modulación necesitan durante su transmisión un conjunto de repetidores o amplificadores que incrementen el poder y mantengan una buena relación señal/ruido.

El proceso de propagación abarca todos los aspectos que recorre la señal (la transportadora más la modulación) desde que sale de la antena emisora hasta que es captada por la antena o antenas receptoras.

La propagación es una etapa que necesita un estricto control a fin de que la máxima energía radiada sea captada por los receptores con el mínimo de distorsión e interferencias. Sin embargo, este control es relativo debido a que las ondas electromagnéticas están sujetas o dependen en muchas ocasiones de fenómenos naturales no siempre predecibles.

A pesar del anterior relativismo, la propagación de una energía electromagnética puede ser predecible por medio de un correcto diseño de las antenas tanto emisoras como receptoras, utilizando frecuencias con características adecuadas, concentrando la energía radiada en las direcciones deseadas cuanto esto sea posible, y finalmente minimizando las probabilidades de interferencias.

La difusión de las ondas de radio puede ser parecida al movimiento que se produce en el agua en reposo cuando se arroja un objeto. Como en las de radio, las ondas de agua disminuyen gradualmente de amplitud (fuerza) al alejarse de la fuente.

Una onda ya formada produce una nueva más débil y de menor diámetro y así sucesivamente hasta que no queda suficiente energía como para formar nuevas ondas. El agua puede presentar el espacio, la energía cinética comunicada al agua por el lanzamiento de un objeto representa la energía oscilatoria de la antena transmisora.

Cuando más grande sea la amplitud de las ondas (campo de señal), más grande será la potencia de la oscilación de la señal recibida. La energía de la señal inducida en la antena receptora es muchísimo más pequeña que la que alimenta la antena emisora. Un elemento fundamental de la propagación es la antena tanto emisora como receptora.

Los principios de las antenas transmisoras son los mismos que los de las receptoras. Las características más importantes de las antenas son sus pautas de radiación, su eficacia en la propagación y la impedancia que la antena ofrece a la entrada de la energía desde el transmisor. La eficacia de radiación se define como la relación entre el poder total radiado y el poder introducido en la antena proveniente del transmisor.

Aunque muchas antenas de alta frecuencia pueden radiar hasta un 95% o más de la potencia de salida del transmisor, esto no se puede aplicar a todas. Un mal diseño de antena (es decir, la antena es más pequeña comparada con la longitud de onda que transmite), una mala construcción con materiales poco conductores, o simplemente que esté colocada cerca de materiales aislantes puede producir una gran pérdida de poder. El diseño de las antenas debe estar relacionado con las características de la señal que va a propagar, más concretamente con la frecuencia y la longitud de onda. Esta relación es difícilmente alcanzable en aquellas frecuencia con altas longitudes de onda.

Se denominan antenas no sintonizadas aquellas cuya altura es una pequeña fracción de la longitud de onda que transmite. En las sintonizadas, su altura es igual o tiende a ser igual que la mitad de la longitud de onda que radian. En las bajas frecuencias (onda larga y onda media) es imposible utilizar antenas sintonizadas debido a su gran longitud de onda. Las antenas sintonizadas empiezan a ser posibles en las bandas de VHF y UHF (la FM y de televisión).

Las altas frecuencias generalmente usan reflectores parabólicos para dar direccionalidad a la energía emitida. Las antenas pueden estar colocadas en un plano horizontal o vertical. Este plano determinará la polarización de la antena. Cuando se encuentre horizontalmente su polaridad será horizontal y lo mismo se puede aplicar cuando su posicionamiento sea vertical. Se dice que una antena está polarizada horizontalmente cuando sus líneas de campo eléctrico son horizontales y una polarización vertical significa que sus líneas de campo eléctrico están colocadas verticalmente (una onda de radio está formada respectivamente por un campo magnético y uno eléctrico formando ángulo recto. Si visualizáramos frontalmente una onda durante su propagación podríamos comprobar si las líneas correspondientes al campo eléctrico están situadas horizontal o verticalmente en relación con las líneas de su campo magnético).

La polarización de una onda de radio determina la posición de la antena para conseguir una máxima respuesta. Para una máxima captación de energía, la antena receptora debe tener la misma polarización que la antena emisora. Dicho de otra forma, una antena receptora captará más cantidad de señal cuando esté situada en un mismo plano que la antena emisora. Las antenas de frecuencia modulada están generalmente polarizadas horizontalmente y las de onda media lo están verticalmente. Algunas emisoras de FM emplean una

polarización inclinada para ofrecer una buena respuesta a las antenas de los vehículos colocadas por regla verticalmente.

Las estaciones de TV usan antenas con ambas polarizaciones a fin de evitar interferencias de estaciones situadas en el mismo canal. Para eliminar el problema de la diferencia de polarización entre las antenas emisoras y receptoras, se han diseñado antenas que radian simultáneamente con ambas polarizaciones. Estas antenas reciben el nombre de “polarización circular” y son capaces de recibir la misma cantidad de energía independientemente de la polarización de la antena emisora.

Lo mismo que se ha mencionado de las antenas emisoras se puede aplicar a las antenas receptoras. Su respuesta relativa a la señal depende de la dirección de la energía radiada de la antena emisora. Las pautas de radiación de una antena determinan las pautas de recepción, debido a un principio electrónico que afirma que las pautas de radiación de una antena emisora son idénticas a cuando esa antena se utiliza como receptora.

Las muy altas frecuencias del espectro radioeléctrico (VHF, UHF, SHF y EHF) se propagan fundamentalmente a través de lo que se conoce como ondas directas o de espacio. Esta propagación se caracteriza por ser en línea directa, es decir, de forma análoga a la luz. En consecuencia, su cobertura teórica máxima se produce en la confluencia de la onda directa con la línea óptica del horizonte. Su direccionalidad hace que puedan ser fácilmente absorbidas por obstáculos (edificios, montañas, etc.) encontrados en su propagación.

Cuanto mayor sea la frecuencia más se acerca su propagación a los rayos de luz. En estas frecuencias las ondas terrestres son atenuadas rápidamente

por la tierra, y las de cielo en condiciones normales atraviesan la ionosfera y continúan su viaje al espacio. Los servicios de TV (VHF y UHF) utilizan para su propagación ondas directas y, en consecuencia, estos servicios alcanzan pequeñas coberturas. Sin embargo, su alcance supera los límites teóricos del horizonte óptico gracias a la existencia de la refracción producida en la troposfera. Si no se lograra realizar esta refracción troposférica⁵ el límite de cobertura de estas frecuencias coincidiría con el horizonte óptico entre ambas antenas, la transmisora y receptora. Esta refracción o pequeño declive disminuye conforme se incrementa la frecuencia.

La distinta refracción en la troposfera justifica la menor cobertura de las estaciones de la banda de frecuencias UHF en relación con la VHF. Como consecuencia de la direccionabilidad de las ondas de espacio, a pesar del índice de refracción, su cobertura esta muy relacionada con la altura de las antenas, pasando a un plano secundario la potencia de emisión.

La propagación de las denominadas microondas es direccional de forma parecida a la luz. La alta penetrabilidad de estas frecuencias hace que traspase la ionosfera y sigan su camino hacia el espacio. Su gran direccionabilidad y pequeña longitud de onda hace que se empleen antenas parabólicas a fin de enfocar las ondas radioeléctricas en un haz concentrado y así conseguir una comunicación punto a punto mas eficaz.

⁵ La **refracción troposférica**, es el doblez que tiene lugar cuando la onda entra (en ángulo) a un medio que tiene diferente constante dieléctrica. Este doblez es causado por el hecho de que la onda viaja a diferente velocidad cuando se cambia de constante dieléctrica. La parte de la onda en un medio nuevo es primeramente desacelerada o acelerada (dependiendo de la constante dieléctrica relativa) . El efecto es el cambio de dirección en el cual la onda se mueva. El ejemplo clásico en óptica es el lápiz que está parcialmente dentro de un vaso de agua.

2. CÓMO FUNCIONA UNA ESTACIÓN DE TELEVISIÓN

2.1 Centro de producción

El centro de producción es donde se lleva a cabo la realización de los programas de televisión (telenovelas, noticieros, películas para televisión, etc.). Quien está a cargo de que todo se realice de la mejor manera es el productor, seguido por un director de producción (dependiendo del tamaño de la estación). Asistiendo al director en la cabina de control normalmente está el director técnico, quien opera el video *switcher* (consola de video). El director técnico, es también responsable de coordinar todos los aspectos técnicos de la producción (es necesario enfatizar que las responsabilidades del personal pueden variar ampliamente en cada centro de producción).

Uno o más asistentes de producción pueden ser contratados como auxiliares de productor y director. Durante los ensayos, estas personas llevan notas de las necesidades y cambios en la producción, notifican al personal sobre éstos, etc. Otra persona es el director de iluminación, quien se encarga de diseñar el esquema de iluminación, supervisar la colocación de los equipos y autorizar el esquema ya montado. En algunas producciones puede haber un diseñador de *set* (escenógrafo) quien, en colaboración con el productor y el director, diseña el *set* (escenografía) y supervisa su construcción e instalación.

A si mismo puede haber un maquillador o estilista, quien con la ayuda de maquillaje, laca para cabello, o muchos otros elementos, procura que la imagen del talento¹ sea impecable (o terrible, si así lo especifica el guión).

En grandes producciones podemos encontrar también un vestuarista, responsable de proveer al talento con la ropa adecuada a la ocasión. Un director o técnico de audio prepara el equipo de grabación, instala y verifica los micrófonos, monitorea la calidad del audio y desarma y recoge todos los instrumentos y accesorios al término de la producción.

El operador de audio presencia los ensayos y decide el tipo de micrófono adecuado y su posición para cada escena. El operador de vídeo instala el equipo de grabación y sus accesorios, ajusta las modalidades de grabación, realiza pruebas y monitorea la calidad del vídeo.

El operador del generador de caracteres programa (diseña y escribe) títulos de entrada, subtítulos, y créditos finales en el equipo. Estos textos son insertados sobre la imagen durante la producción. Algunas computadoras suelen sustituir al generador de caracteres.

Los camarógrafos hacen más que simplemente operar las cámaras, también ajustan y aseguran la calidad técnica de su equipo, colaboran con el director de producción, director de Iluminación y técnico de sonido en la marca de posiciones y realización de cada toma, y en el caso de producciones de campo se encargan de recibir, transportar y entregar su equipo.

¹ Talento: Es conocida como talento la persona/s que se encuentra frente a la cámara/s, (actores, reporteros persona entrevistada).

Dependiendo en el nivel de producción, puede haber un coordinador de piso, quien es el responsable de coordinar las actividades en el *set*.

Después de que las tomas han sido completadas, los editores toman las grabaciones y ensamblan los segmentos correspondientes, agregan música, efectos sonoros y de vídeo para crear el producto final. Una vez finalizada la producción, es enviada al control central (ver sección 2.2), de donde es transmitida.

2.1.1 Iluminación de estudio

La televisión está basada en la luz: de hecho, sin la luz no podría existir el vídeo. Así como el sonido debe ser cuidadosamente controlado en la producción de audio, la luz debe ser especialmente controlada en televisión.

Con el inicio de la competencia de las dimensiones más artísticas del cine en el video, y especialmente la TV digital, ha habido un mayor énfasis en la iluminación creativa del medio. Pero, antes que controlar la luz con éxito, debemos entender sus tres características básicas: coherencia (calidad), temperatura de color e intensidad.

La coherencia, frecuentemente llamada calidad, es la dureza o la suavidad de la luz. Ésta, que es emitida directamente desde una fuente concentrada, resulta en rayos (paralelos) relativamente coherentes, lo cual le da una apariencia dura, vigorosa y cortante. La luz de una lámpara transparente, la de un Fresnel enfocado (ver sección 2.1.), y la luz del sol de una tarde despejada, son fuentes representativas de luz dura. La luz suave (difusa) tiene el efecto opuesto de la luz dura, la luz suave tiende a esconder irregularidades y detalles en las superficies. Los difusores se colocan al frente de las luces para suavizar y difundir sus rayos. Al mismo tiempo, reducen su intensidad.

Aunque la luz puede ser de cualquier color entre infra-rojo y ultra-violeta, existen dos estándares de color básicos para cine y TV: 2,927°C (grados centígrados) para las lámparas incandescentes de estudio y 5,227°C para la luz de día (algunas fuentes artificiales dan como estándar de luz de día 5,327°C. hay variantes de tonalidades más sutiles de acuerdo a la posición del sol en el cielo. La temperatura de color varía también como consecuencia de la bruma o de un cielo nublado. Si la cámara no se balancea (o filtra) bajo esas mismas condiciones, la luz resultante creará un efecto frío y azulado, no precisamente agradable.

No toda luz incandescente tiene 3,227°C. Un bombillo de 100 vatios, por ejemplo, tiene unos 2,523 °C. La mayoría de estas fuentes de luz pueden ser ajustadas por el circuito de balance de blanco de las cámaras de video.

Los bancos (grupos) de lámparas fluorescentes balanceadas, producen una luz suave que no produce prácticamente sombra alguna en áreas muy amplias. Este tipo de lámparas ha tenido una gran acogida en los estudios porque produce mucho menos calor y consume mucha menos electricidad que las lámparas incandescentes.

Existe otro tipo de lámparas, las de descarga, que pueden causar problemas de rendición de color mucho más severos que las fluorescentes. Una de ellas, las luces de vapor de sodio de alta presión, que se utiliza generalmente para iluminar calles y avenidas, produce una luz amarillenta que varía el balance de color.

Operando bajo presiones internas aún mayores, están las luces de vapor de mercurio, utilizadas muchas veces para grandes áreas internas como

gimnasios. Éstas suelen producir un tinte verde azulado en las tomas de video y cine. Aunque muchos de los problemas de temperatura de color no son aparentes al ojo, pueden crear grandes inconsistencias cuando se trata de unir diferentes planos en post-producción.

La tercera y última de las variables de la iluminación es la intensidad. Como veremos, el control de la intensidad de la luz es una variable importante en la producción. Por ejemplo, la toma de una casa iluminada bajo una noche de luna llena, los niveles de iluminación de adentro y de afuera tienen que estar cuidadosamente balanceados para evitar que se dañe el efecto.

También las diferentes temperaturas de color (el azul de la luz de la luna, el rojizo para la luz interior) son determinantes en el efecto. Aunque esto sería fácil de ver en una foto, en una locación (o en un estudio) el ojo es un juez muy pobre de la intensidad relativa y la temperatura de color.

La intensidad se mide en pie candela (en los Estados Unidos) o en luxes (en la mayor parte de los demás países). En Guatemala se usa luxes. Un pie_candela es igual a aproximadamente 10.74 luxes. Para tener algunos puntos de referencia: La luz del sol en un día promedio oscila entre 32200 luxes hasta 107500 luxes. Los estudios de TV se iluminan aproximadamente a 1600 luxes. Una oficina iluminada tiene unos 430 luxes. La luz de la luna proyecta unos 0.10 luxes.

Aunque la mayor parte de las cámaras de TV necesitan por lo menos 1074 luxes para una buena calidad (aunque este número se va disminuyendo con cada generación de cámaras), muchas pueden producir imágenes aceptables con niveles por debajo de 11 luxes.

Los fotómetros son utilizados para medir la intensidad de la luz. Por ejemplo, una significativa variación en la intensidad de la iluminación en un *set* produciría cambios en el vídeo lo que a su vez puede resultar en tonos de piel muy oscuros o demasiado claros. Es posible caminar por todo un *set* con un medidor de luz y rápidamente encontrar las áreas oscuras o demasiado "calientes" donde la luz necesita ser ajustada.

Hay otra razón para medir con precisión la luz en un *set*. Al manipular sutilmente el nivel en las áreas primarias y secundarias de una escena, puede obtener un refinado control visual. Nuestros ojos son atraídos por las partes iluminadas de una escena. Por lo tanto, puede usar la luz para enfatizar el centro de atención de la escena y desenfatar otros elementos potencialmente distraerentes. Existen medidores de temperatura de color, que proporcionan una lectura sobre la temperatura de color dominante de una fuente luminosa.

Los medidores de temperatura de color no son tan usados como los fotómetros, debido a que las cámaras pueden ser balanceadas a blanco para automáticamente definir las diferentes fuentes luminosas. Los filtros de color pueden ser usados frente a las luces para modificar su temperatura cromática. Cuando aumenta la distancia entre una fuente luminosa y el objeto, la luz es difundida en un área mas amplia y la intensidad disminuye. (ver figura 14.)

Específicamente, la intensidad de un haz luminoso no enfocado decrece conforme a la ley del inverso del cuadrado de la distancia. Por ejemplo, si una luz se encuentra a 3 metros del objeto e inciden 4300 lux de luz en el mismo, si se duplica la distancia entre fuente y objeto a 6 metros, se obtiene solamente la cuarta parte de la intensidad de la luz original.

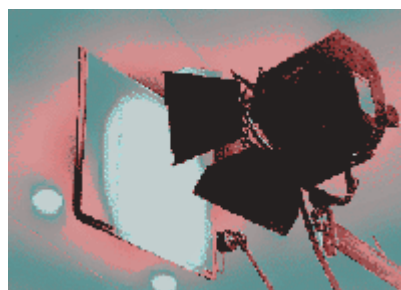
Figura 14. Intensidad de color



Fuente: Ron Whittaker, D. **Producción de televisión**. Pág. 125.

Otra manera de controlar la intensidad de la luz es por medio de sedas o mallas similares a la figura 15. La mayoría de las mallas están compuestas por una fina red de alambre. Colocando una bandera de una sola capa o incluso doble malla frente a la luz, su intensidad puede ser reducida de un 30 hasta un 60 por ciento.

Figura 15. malla para controlar la intensidad de luz



Fuente: Ron Whittaker, D. **Producción de televisión**. Pág. 129.

Muchos instrumentos de iluminación poseen la capacidad de enfoque, esto influye en la intensidad de la luz. Usando un riel y engranes, el haz luminoso puede ser concentrado en un área de proyección reducida o ampliado para cubrir mayor superficie.

Ello tiene el efecto adicional de aumentar o atenuar la intensidad de la luz. La intensidad de una luz puede ser atenuada reduciendo el voltaje por medio de lámparas con *dimmers* (reguladores). Desafortunadamente, esto también afecta a la temperatura de color. Una regla general es que por cada unidad de voltaje reducida a una luz incandescente, la temperatura de color es reducida 10°C. Debido a que el ojo humano puede detectar una variación de 200°C dentro del rango de 1727 a 4,000°C, una luz de estudio solamente puede ser disminuida en un 20 por ciento (en relación con otras luces) sin afectar notablemente al balance de color, antes de tener que ser compensada. En un estudio, las luces normalmente se cuelgan en una parrilla de luces con monturas y cadenas de seguridad.

Cables eléctricos monofásicos y conectores de seguridad suplen la energía. Las luces en locación normalmente se colocan sobre trípodes. Al montar una iluminación en locación, es necesario descifrar cuántas lámparas puede soportar un fusible.

A pesar que el voltaje estándar en Guatemala se encuentra entre los 110 y los 120 voltios, al hacer cálculos se asume un voltaje de 100, la siguiente fórmula puede ser utilizada: *VATIOS DIVIDIDOS ENTRE 100 = AMPS*. Por ejemplo, si se considera una estación que cuenta con 1 transmisor de 1 KW, 2 islas de edición de 1 KW cada una, tres cámaras de 25 W cada una, 3 VCR de 15 W cada una, 1 consola de audio de 150 W, 1 *switcher* de 200 W, 20

lámparas de 40 W cada una, 3 lámparas Fresnel de 1000 W cada una, 2 ventiladores de 100 W cada uno, 2 PC's de 150 W cada una y 1 luz de modelage de 1000 W, que en conjunto suman alrededor de 9 KW. Sabiendo esto se puede construir una acometida de 15 KW, dejando los 6 KW extras esperando que la estación crezca y contar con suficiente energía. Como todas las cargas son monofásicas, en este caso, puede considerarse una acometida 240/120 con su respectiva varilla de tierra, que debe de ser una varilla de cobre de 8' x 5/8' con el fin de proteger el sistema de descargas eléctricas.

Las cargas deben de ser balanceadas, lo cual significa que el equipo debe de ser dividido en grupos que consuman más o menos la misma cantidad de watts. Si se divide toda la carga (15 KW) en 6 circuitos, se tendrá que proteger circuitos de 2.5 KW cada uno.

Esta protección incluye un tablero de distribución 108 (8 divisiones), y cada circuito un flip-on de 1 x 30 amperios. Cada circuito debe contar con su respectiva varilla de tierra. También se debe considerar que cada PC cuente con su respectivo regulador de voltaje, y con esto evitarse contratiempos por pérdida de información.

Existe equipo que necesita protecciones especiales o extras, como es el caso de los transmisores, los cuales se acostumbra que trabajen con su propia planta eléctrica, la que se protege con regulador de voltaje, supresor de transientes y aterrizado de cobre. Si el presupuesto no es limitado, debe considerarse una protección extra como lo es un pararrayos en la parte más alta de la estación.

2.1.1.1 Instrumentos de iluminación

Lámparas de cuarzo: Casi todas las lámparas incandescentes que se usan en la producción de televisión son luces de tungsteno-halógeno (llamadas comúnmente lámparas de cuarzo). Normalmente tienen un rango que oscila entre los 500 y los 2.000 *watts*.

Este tipo de lámpara es más eficiente que el de tipo casero y no se oscurece con el tiempo. Las lámparas de cuarzo se calientan a altas temperaturas, por lo cual la ventilación es un factor determinante en su diseño. Debe tenerse especial cuidado cuando se cambian estos bombillos (además de desconectar la lámpara debe dejarse enfriar) para evitar que la grasa natural de los dedos no toque el cuarzo exterior que recubre el bombillo.

El excesivo calor generado por estos bombillos se concentrará en la zona donde quede residuo grasoso y dañará el bombillo. Debe también evitarse mover bruscamente la lámpara mientras está encendida, pues el filamento interno se puede romper.

HMI:, significa "*Hydrargyrum Medium Arc-length Iodide*". Es un tipo de lámpara que emite una luz muy intensa de la misma temperatura de color del sol. Las luces HMI son mucho más eficientes que las de tungsteno-halógeno y generan mucho menos calor (una consideración importante cuando se filma en espacios cerrados y pequeños). La mayor desventaja de las luces HMI es que requieren de una fuente de poder de alto voltaje grande, pesada y costosa. Aún así, por la temperatura de color de la luz que emiten, por su eficiencia y potencia lumínica, las luces HMI son utilizadas frecuentemente en exteriores, muchas veces para rellenar las sombras causadas por el sol.

Fresnel: Por varias décadas el *Fresnel* ha sido la fuente más usada de luz en los estudios de cine y televisión. El lente *Fresnel* que está en el extremo frontal

de estas luces (nombrado por su inventor) consiste de círculos concéntricos que concentran y difuminan la luz simultáneamente. La coherencia (calidad) de la luz que emiten es una mezcla ideal de luz suave y dura.

Aunque el *Fresnel* que se muestra en la Figura 16 está montado en un poste de piso, como el que se utilizaría en cine y trabajo de vídeo en locaciones, en estudio estas lámparas están usualmente suspendidas de una parrilla tubular de iluminación en el techo. Por el peligro potencial que representa un reflector de este peso suspendido a 3 metros del piso, siempre debe usarse una guaya de seguridad además de la montura. Éstas se amarran alrededor de los tubos de la parrilla para evitar que se caigan si se llegase a desprender del piso.

Figura 16. Lente *Fresnel*



Fuente: Ron Whittaker, D. **Producción de televisión**. Pág. 130.

La distancia entre el bombillo y el lente *Fresnel* puede variar en este tipo de luces para concentrar (*Spot*) o dispersar (*flood*) los rayos de luz. Esto permite ajustar rápidamente tanto el área de cobertura como la intensidad de la luz. Los *Fresnels* son muy pesados y grandes para los trabajos sencillos en exteriores. Como veremos, los *kits* de iluminación para exteriores usualmente reemplazan este tipo de lámparas, así como las poncheras por otras más aptas para su uso en locación.

Scoops: Las poncheras (*scoops*) producen una iluminación más suave que los *Fresnels*. Usualmente tienen bombillos incandescentes de 500 a 2.000 vatios. Como no tienen un lente, no proyectan la luz a un distancia significativa.

Hay otros tipos de lámparas que se utilizan en estudio, entre las que están las luces suaves, luces para fondos y proyectores de sombras (que producen sombras muy pronunciadas y aparentan la luz directa que proviene de una ventana).

Luces para cámaras: En la producción de noticias, la calidad está relegada al hecho de obtener la noticia, por eso suele utilizarse luces pequeñas colocadas en la cámara o manipuladas por un asistente. Éstas pueden ser de tungsteno-halógeno o HMI (llamadas a veces *sun-guns*). Por razones de portabilidad, estas luces usualmente funcionan con baterías, generalmente las mismas baterías de 12 voltios que dan energía a la cámara.

Viseras: Son láminas planas de metal colocadas en los lados de la lámpara y sirven para prevenir que la luz incida sobre ciertas áreas, donde no queremos que llegue.

Banderas: Son cualquier material opaco que pueda bloquear la luz y definir un corte en la luz.

Para no sobrecargar un fusible, muchas veces es necesario conectar varias extensiones en circuitos separados, posiblemente de una habitación contigua. Pero, cuando no tienen el grosor necesario, las extensiones muy largas pueden disminuir el voltaje a las lámparas, produciendo caídas en la temperatura de color.

Como la electricidad limitada es un problema en la mayoría de las locaciones, no habrá otro remedio que obtener una línea temporal de alto amperaje directamente de la caja principal de fusibles. En áreas remotas, o dónde los requerimientos de luz sean grandes (más de 10 Kw), se tendrá que rentar una planta eléctrica.

2.1.2 Sistema de sonido

Históricamente, el vídeo ha tenido más importancia en la televisión que el sonido. Se consideraba un buen sonido el simple hecho de que los diálogos fueran inteligibles y mal sonido cuando ni siquiera este propósito se lograba. Actualmente, con la evolución de sistemas de alta fidelidad (HI-FI, por sus siglas en inglés), estereo, sonido periférico (*surround-sound*), audio y video digital usados en televisión, las audiencias tienen mayores expectativas. El equipo usado y las condiciones acústicas afectan significativamente la percepción de las frecuencias. Para compensar algunos de estos problemas, podemos ajustar la frecuencia (graves y agudos) en los controles del equipo de reproducción.

Existen además otros equipos más sofisticados, tales como el ecualizador gráfico que permite un control más específico sobre las frecuencias para ser individualmente ajustadas. Esto puede ser necesario para igualar segmentos de audio grabados bajo condiciones diferentes, o simplemente para adecuar la reproducción a las condiciones acústicas del área donde se escucha. Cualquier pieza de equipo de audio, micrófono amplificador, grabadora o monitor de audio pueden afectar la fidelidad del sonido.

De cualquier forma, es el micrófono (el sistema inicial que transforma las ondas sonoras en energía eléctrica) y el monitor (el sistema que transforma la energía eléctrica en ondas sonoras) los elementos más críticos en la calidad del audio. Es posible utilizar durante la post-producción un ecualizador u otro dispositivo de audio para "limpiar" la respuesta de un micrófono de mala calidad. Sin embargo, aun los mas sofisticados equipos y técnicas no pueden lograr milagros. Entre mejor sea la captación original del audio, mejor será el producto.

El ángulo visual de los lentes es el área en que el lente es capaz de ver. Los micrófonos poseen un atributo similar, su característica direccional es el ángulo de captación. Existen tres categorías direccionales básicas: Omnidireccional, Bidireccional, Unidireccional.

Omnidireccionales: (También llamados no-direccionales) son igualmente sensibles a los sonidos que provienen de cualquier dirección. Aunque este atributo posee ventajas en la radio donde varias personas pueden estar alrededor del micrófono, en la producción de video casi siempre es mejor utilizar alguna forma de micrófono direccional. Ello permite eliminar sonidos no deseados (ruido detrás de cámaras, ambiente en locación, ruido, etc.) mientras captamos el sonido proveniente del talento.

Bidireccional: El patrón sensitivo bidireccional (patrón polar) de este micrófono es receptivo a los sonidos que provienen de dos direcciones. Aunque son frecuentemente utilizados en entrevistas radiofónicas (para personas sentadas una frente a otra en una mesa) y con la ventaja del estereo, el micrófono bidireccional (también llamado figura ocho) tiene un uso muy limitado en televisión.

Unidireccional: El término se refiere simplemente a la clasificación general de micrófonos que son sensibles a los sonidos que provienen primordialmente de una sola dirección. Existen cuatro subdivisiones en esta categoría: Cardioide, Supercardioide, Hypercardioide, Parabólico. Estos se refieren a qué tan estrecho es el patrón de captación (ángulo de audición). Ver figura 17.

Figura 17. Modelos sensitivos de micrófonos básicos

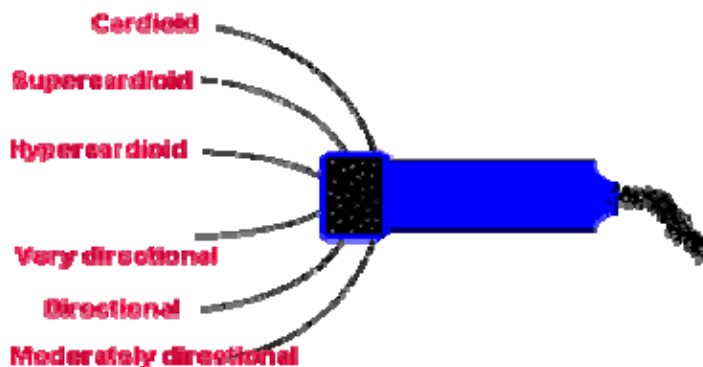


Fuente: Ron Whittaker, D. **Producción de televisión**. Pág. 139.

Cardioide: Es denominado así por su patrón de sensibilidad, que se asemeja un poco a la forma de un corazón. Los cardioide son sensibles a los estímulos sonoros en un rango amplio al frente del micrófono, pero relativamente insensibles a los sonidos detrás del mismo. Aunque este patrón puede ser muy útil para sonorizar un coro en un estudio, la amplitud de la zona de sensibilidad del cardioide sigue siendo demasiada para muchas de las aplicaciones en TV. Por ejemplo, cuando se encuentra colocado a 2 o más metros del locutor puede registrar sonidos incidentales no deseados, incluyendo el reflejo de las paredes. Sin embargo, son útiles en micrófonos de mano y cuando pueden estar cerca del talento (cantantes, presentadores, etc.). Vea figura 18.

Figura 18.
micrófono

Tipos de



Fuente: Ron Whittaker, D. **Producción de televisión**. Pág. 142.

Supercardioides: Es más direccional que el patrón sensitivo del cardioide. Cuando este tipo de micrófono es apuntado hacia una fuente sonora, la interferencia de los sonidos fuera del foco de percepción es eliminada. Este patrón polar es muy similar al de nuestros oídos, cuando giramos la cabeza hacia un sonido tratamos de escuchar ignorando la interferencia de otros sonidos que consideramos sin importancia.

Los micrófonos de cañón son un tipo de supercardioides ampliamente usado en las producciones en locación (sobre todo en deportes) . Debido a su gran direccionalidad proveen una buena captación usados a una distancia entre 2 y 5 metros del talento.

Los micrófonos conocidos como hipercardioides y ultradireccional poseen un patrón de respuesta aún más direccional. Aunque su estrecho ángulo de respuesta significa que los sonidos fuera del rango serán eficientemente eliminados, esto también significa que deben ser precisamente apuntados a la fuente sonora. Frecuentemente se tienen que realizar ajustes si el talento se mueve.

Para asegurar la fidelidad de los micrófonos y equipos de audio en general, los conectores deben mantenerse limpios, secos y en buen estado, sin dobleces o partes sueltas. Cuando se usan en locación, los conectores de audio deben mantenerse secos, sin embargo, los cables de los micrófonos pueden encontrarse sobre pasto mojado o incluso cruzar por agua (nada recomendable) sin efectos dañinos (asumiendo que la cobertura plástica no esté dañada).

Si se debe trabajar bajo la lluvia, la humedad puede evitarse envolviendo los conectores en bolsas plásticas bien selladas. Debe enfatizarse que esto sólo se aplica a cables de micrófonos. Si un cable de poder (corriente AC) es usado para la cámara, luces o aparatos de grabación, los cables y las conexiones deben mantenerse secos.

Colocar los cables de los micrófonos junto con los cables de corriente ocasionalmente crea interferencias. La solución es simplemente apartar los cables. Las luces fluorescentes también inducen un zumbido en el audio. Las computadoras cercanas al equipo pueden interferir en la calidad del audio y provocar ruidos indeseables.

En un micrófono inalámbrico, el sonido se convierte en una débil señal de frecuencia modulada y se transmite en patrón semicircular por medio de una antena interna (en el interior del cuerpo del micrófono) o externa (generalmente en forma de un pequeño cable sujetado en la base del cuerpo). En este último caso, la antena debe mantenerse relativamente extendida y no doblada en un bolsillo.

En condiciones óptimas, los micrófonos inalámbricos pueden transmitir fielmente en un radio de poco más de 180 mts. Si hay obstrucciones, especialmente objetos de metal, esta distancia puede reducirse aproximadamente 40 mts. Los objetos de metal que interfieren entre el micrófono RF y el receptor crean una condición conocida como recepción múltiple (*multipath*), producida en parte por la reflexión de la señal en dichos objetos.

Debido a su naturaleza, los micrófonos no-direccionales, omni-direccionales o los de patrón cardioide usados a una distancia de 2 o más metros recogen

sonidos indeseados. Dependiendo de la acústica de la locación, esto causará que el audio suene encajonado y fuera del eje del micrófono. Por ello, en estas situaciones donde la distancia es un factor, deben usarse micrófonos super o hiper-cardioide.

El oído escucha selectivamente y filtra la reflexión excesiva (o el ruido de fondo) en una habitación que haría difícil de entender las palabras. Siempre que un cuarto tenga paredes lisas y paralelas, continuas o pisos sin alfombra, la reverberación (ecos de las paredes) puede convertirse en un problema. La solución más simple en estos casos es mover los micrófonos lo mas cerca al sujeto; pero esto no siempre es posible.

Otras soluciones podrían ser el uso de micrófonos direccionales, agregar materiales absorbentes en las paredes, o ubicar objetos en la escena que absorban o rompan los sonidos reflejados. Otro problema de sonido es la cancelación de fases que da como resultado un audio de calidad deficiente de bajo nivel y que pareciera estar filtrado y ocurre cuando dos o más micrófonos demasiado cercanos entre sí recogen el sonido de la misma fuente de audio. Este fenómeno se produce porque al combinar los sonidos de las mismas frecuencias captados a diferentes distancias las fases de las ondas sonoras quedan desplazadas y pueden llegar al punto de quedar invertidas; luego, al sumarse en la consola de audio (por ejemplo $-3\text{dB} + 3\text{dB}$), tienden a 0.

Existen también los micrófonos cuadrafónicos, que registran sonidos en una perspectiva de 360 grados, tienen cuatro elementos del micrófono en una sola unidad.

Típicamente, una cápsula superior contiene dos elementos y recoge el sonido que viene de la izquierda-frontal y derecha-posterior. Otra cápsula,

montada debajo de este, recoge sonido del derecha-frontal y izquierda-posterior. Éstos se graban en cuatro pistas de audio separadas.

Durante la post-producción, las cuatro pistas de audio alimentan a una computadora, se mezcla con pistas de música para desarrollar un efecto completo de sonido envolvente.

Aunque la norma de transmisión que será usada en los nuevos televisores de HDTV/Digital todavía está en un estado de indefinición, podemos decir que 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. Este sistema consiste en seis canales discretos de audio: los canales izquierdo, centro y derecho al frente de los oyentes, y los izquierdo envolvente y derecho envolvente a los lados, el sexto canal es un canal de bajos con un rango de frecuencias limitadas (3-120Hz). Aunque es capaz de producir un bajo que podría sacudir la sala, sólo requiere un décimo de un canal de audio de rango completo para ser registrado. Por esto el sistema se llama 5.1.

Algunos sistemas digitales requieren un 4.1 sistema con cinco monitores: izquierdo frontal, derecho frontal, izquierdo atrás, derecho atrás y el bajo (*sub-woofer*). Usando compresión de señal todos los canales de audio pueden transmitirse en un espacio relativamente limitado (ancho de banda limitado). Aun así, acomodar todas las capacidades de este tipo de audio en producción de televisión requerirá de consolas de audio y mezcladores capaces de manejar seis canales de audio.

Aunque los reproductores de DVD son capaces de reproducir audio 5.1, la mayoría de las casas no están equipadas para recibir este nivel de sofisticación de sonido. Hasta que el público lo exija, los productores de los medios y las

televisoras podrán hacer las grandes inversiones requeridas para actualizar las producciones a este nivel.

2.2 Planta de transmisión

El transmisor de televisión realiza dos funciones: generar las portadoras de video y audio, y modular la información visual y sonora en sus respectivas ondas transportadoras.

Ambas señales serán unidas para transmitirse conjuntamente a través de un mismo canal. La televisión emplea dos sistemas distintos de transmisión: uno de imágenes y otro de sonidos. El vídeo opera como un transmisor convencional que modula en amplitud una transportadora con la información visual que procede de las cámaras y otras fuentes de vídeo (magnetoscopios, ENG, EFP, etc.); y el sonoro funciona como un típico transmisor de FM, modulando en frecuencia otra portadora con la información sonora proveniente de los micrófonos y otras fuentes de sonido (magnetófonos, discos, etc.).

Ambas señales moduladas, la vídeo y la audio, son amplificadas y mandadas a una misma antena para su propagación. Si la antena está separada de los estudios (para favorecer las condiciones de propagación), la señal audio y vídeo son enviadas por medio de fibra óptica o enlaces de microondas.

Las dos portadoras moduladas tienen una frecuencia diferente, aunque próxima para evitar las interferencias entre ellas y para facilitar la recepción de tal manera que los sintonizadores de los televisores puedan recibir ambas portadoras simultáneamente, como partes de un único canal o señal. El

transmisor de vídeo está separado del de audio y funciona básicamente como cualquier radiotransmisor.

Al operar en bandas de frecuencias superiores (VHF o UHF), externamente es diferente a uno convencional de radio, pero sus operaciones y funcionamiento son las mismas: generar, modular y amplificar una portadora, y mandarla a la antena para su programación. El transmisor vídeo genera una portadora en la banda VHF o UHF. Esta portadora es modulada con la información visual que proviene de la cámara y otras fuentes de vídeo y con los impulsos de sincronización. Dentro del transmisor de vídeo, un componente importante es el generador de sincronización que controla el tiempo de exploración de la cámara y produce los impulsos de sincronización.

El generador realiza tres tipos de controles a la cámara: el tiempo de la deflexión vertical (campo a campo), y los impulsos de “blanco” o barrido que encierran la lectura del haz durante el tiempo de retorno horizontal o vertical. Dicho en otras palabras: el generador produce cinco tipos de sincronismos. Los impulsos de sincronismo horizontal que marcan el inicio de lectura de cada línea; los ecualizadores o igualadores que preceden y siguen los impulsos de sincronismo vertical y sirven para conseguir una perfecta exploración entrelazada; los verticales o de campo que indican el comienzo de lectura de un campo; y los de barrido horizontal y vertical que cierran la exploración del haz durante los retornos, horizontal y vertical, del cañón eléctrico.

La cámara, bajo el control del sincronizador, produce la señal vídeo sin los impulsos de sincronización. Estos impulsos son incorporados a la señal en el transmisor, cuando se modula en amplitud una portadora con la información vídeo o se producen dos bandas laterales, una superior y otra inferior, con un contenido idéntico.

Si se transmiten las dos bandas incurriríamos en un malgaste de un bien limitado como es el espectro electromagnético. En consecuencia, muchos países han acordado limitar la anchura de la señal transmitida y aprovechar así el empleo de espectro. Básicamente, hay dos métodos. El más sencillo consiste en eliminar enteramente una de las bandas laterales por medio de un sistema de modulación denominado de “banda lateral única” (superior USB o inferior LSB, por sus siglas en inglés). El inconveniente de este procedimiento es que encarece el precio de los receptores en cuanto que éstos, antes de la demodulación, deben tener los circuitos necesarios para recuperar la banda lateral suministrada en la transmisión.

Otra técnica, empleada en la mayoría de los sistemas de televisión, consiste en suprimir una de las bandas pero no en su totalidad, sino sólo una parte importante. En la modulación en “banda lateral residual” (VSB, por sus siglas en inglés) se transmite la portadora, una banda lateral completa y una porción o vestigio (por esa razón también se denomina a esta modulación “vestigial”) de la otra banda lateral. Tiene la ventaja de limitar la anchura del canal, dar una buena calidad (tolerada calidad) y no necesita la inclusión en el receptor de instrumentos que compliquen el procedimiento de demodulación y encarezcan su costo.

El transmisor de sonido está separado del de imagen. Su salida se combinará con la salida del transmisor de vídeo en la antena. Su funcionamiento es similar a un radiotransmisor de FM pero con una frecuencia del sonido superior (en la banda de VHF o UHF). La modulación en frecuencia del sonido produce un conjunto de bandas laterales que incrementan la anchura de la señal.

Una vez terminada la etapa de modulación, las señales pasan a la de amplificación donde se suministra potencia a las señales procedentes de los moduladores. Posteriormente, ambas señales, vídeo y audio, son llevadas a una antena común a través del multiplexor, cuyo objetivo es el de combinar ambas señales para obtener programación simultánea. Cuando el emisor está separado de la antena transmisora, la señal de televisión se envía por medio de las llamadas líneas de transmisión (estos enlaces también unen, en la recepción, la antena con el aparato de TV). La tecnología más común empleada como línea de transmisión es el enlaces de microondas.

Cualquiera que sea el método, toda línea de transmisión debe ser prácticamente inmune a las interferencias y evitar, en consecuencia, cualquier pérdida de energía de la señal. Las antenas de televisión tienen generalmente una polarización horizontal, ya que la pequeña longitud de onda de las bandas VHF y UHF permite que estén físicamente orientadas en un plano horizontal. Sin embargo, la proliferación de receptores portátiles (con antenas verticales o telescópicas) hace que muchas estaciones emitan con antenas de polarización circular que posibilita una buena recepción de la señal con independencia del tipo de polarización de la antena receptora.

2.2.1 Retransmisores

Los retransmisores televisivos son básicamente una extensión (con pequeña potencia y diferente canal) de una estación convencional de televisión que no emite programación propia. La razón de su existencia se debe a las limitaciones de cobertura producidas por las características de programación de las bandas de VHF y UHF (ondas directas).

Los retransmisores tienen tres características: transmiten una señal proveniente de otra estación (llamada principal u originaria); emiten con poca potencia, y difunden por un canal distinto al de la emisora principal. Su pequeño poder de emisión, junto a la utilización de un canal distinto, impide que se produzca interferencias entre el transmisor y la estación original (interferencias co-canal).

La tecnología de los retransmisores es similar a la empleada por las estaciones convencionales. Básicamente, los retransmisores consisten en un receptor/transmisor de televisión que capta la señal de la estación principal, la demodula, y la vuelve a modular en una portadora de diferente frecuencia (distinto canal) para su difusión en una pequeña área de cobertura.

2.2.2 Canales de transmisión

Los canales son los medios que unen el transmisor con el receptor en toda comunicación. Como tales, ejercen un rol importante tanto en la existencia de información como en la cantidad y calidad de su transmisión. En consecuencia, la elección del canal influirá decisivamente en la cantidad de información que se puede transmitir, así como en la cantidad de ruido e interferencias que tendrá la señal en el punto de recepción.

Los canales pueden clasificarse en alámbricos y con “guía”, o inalámbricos o aéreos. Los primeros son los cables (simple, doble, coaxial, guía de ondas, o fibras ópticas), mientras los segundos se relacionan con la propagación por energía radioeléctrica. Todos los mencionados se utilizan para la transmisión de medios de información audiovisual con la excepción de los cables simple y dobles.

La guía de ondas es un cable rectangular o circular, generalmente de cobre, que transmite muy altas radiofrecuencias. Comparado con el coaxial, las guías de ondas ofrecen menor atenuación para la distribución de microondas (frecuencias situadas en las bandas de SHF y EHF). Su desventaja principal se relaciona con la complicada colocación y mantenimiento que garantizan una pequeña atenuación. Esta dificultad ha limitado su aplicación para la transmisión de señales de muy alta frecuencia desde los transmisores a las antenas.

El gran futuro de las comunicaciones, a cortas y largas distancias, se sitúa en el desarrollo y perfeccionamiento de los cables ópticos. El elemento básico consiste en una fibra óptica por donde se transporta la luz. Funciona como una guía que conduce la propagación de frecuencias ópticas por medio de su reflexión completa en sus bordes. Sus principales ventajas son: gran anchura de banda, bajo ruido, inmunidad a las interferencias, pequeño tamaño y peso; y seguridad. Entre los inconvenientes se pueden citar: necesidad de una estandarización, y alto costo.

Los canales aéreos o inalámbricos constituyen la base de la televisión abierta, que es donde nos concentraremos. De hecho, se puede estimar que aproximadamente el 60% de todas las comunicaciones a larga distancia se realizan por algún método de transmisión por el espacio. Como su nombre indica, estos medios no necesitan una guía para su transmisión, es decir, no emplean conexiones físicas para la propagación de la señal. Al contrario, utilizan el espacio o el aire como medio de transmisión de la energía electromagnética. Las ventajas de estos canales, en comparación con los alámbricos, son las siguientes: no necesitan una conexión física entre el emisor y el receptor (especialmente importante cuando la unión por cable es económicamente inviable o físicamente inviable, por ejemplo, los terminales

móviles); tanto el emisor como el receptor pueden estar en movimiento; la transmisión puede ser punto a punto simultáneamente a muchos receptores, una racional distribución del espectro permite la existencia de estrechos y amplios canales de comunicación y su instalación y mantenimiento es relativamente barato. Como inconvenientes habría que reseñar: la existencia de interferencias y anomalías que encarecen los costos destinados al mantenimiento de la calidad de la señal; y la limitación física del espectro electromagnético, que con frecuencia lleva implícito un control de la SIT.

Para la transmisión de una señal se necesita un conjunto de frecuencias cuyo número dependerá fundamentalmente del tipo de información que se quiere transmitir (sonido, imágenes, o una combinación de ellas) y de la modulación que se utilice. Este grupo de frecuencias, necesario para la transmisión de una señal recibe el nombre de canal.

El concepto de canal es importante no sólo desde un punto de vista tecnológico (entendido como la capacidad física, anchura de espectro, que necesita una señal determinada para transmitirse), sino también de política de comunicación. La SIT utiliza los canales como base para la autorización o concesión de las estaciones de radio y televisión. A través de una licencia, la SIT confieren a los usuarios, ya sea públicos o privados, el derecho a explotar el tipo de servicio (radio AM, FM, televisión, etc.) ámbito de cobertura (área geográfica desde donde se puede captar, sintonizar, una determinada estación), poder de emisión, y otros requerimientos no necesariamente técnicos.

El proceso de otorgar una licencia, además de ciertas consideraciones políticas, permite a la SIT el mantenimiento de una compatibilidad entre los equipos. Para determinar la capacidad, anchura, de un canal, los planificadores

deben decidir la cantidad de espectro que un servicio de comunicación necesita para poder transmitir. La máxima capacidad debe balancearse con el costo que esta decisión acarrea. En teoría, ningún servicio debería utilizar más anchura de espectro que el necesario. Al ser el espectro electromagnético limitado, un despilfarro de anchura de los canales tendría como consecuencia un incremento en el costo de empleo de cada canal.

Hay que recordar que la energía radioeléctrica ocupa sólo el extremo bajo del espectro electromagnético, y que conforme se incrementa la frecuencia también aumentan las dificultades para su empleo como transmisores de comunicación. Históricamente, estos límites han ido creciendo conforme se desarrolla la tecnología necesaria situándose en la actualidad en el rango de los 300 GHz (las microondas).

2.2.3 Patrón de Radiación

En algunas circunstancias es necesario hacer la representación gráfica de la fase del campo eléctrico. Esta representación recibe el nombre de diagrama de fase o patrón de radiación.

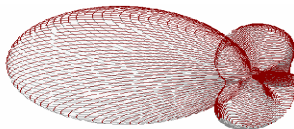
Un patrón de radiación es un diagrama polar o gráfica que representa las intensidades de los campos o las densidades de potencia en varias posiciones angulares en relación con una antena. Si el patrón de radiación se traza en términos de la intensidad del campo eléctrico (E) o de la densidad de potencia (P), se llama patrón de radiación absoluto. Si se traza la intensidad del campo o la densidad de potencia en relación al valor en un punto de referencia, se llama patrón de radiación relativo. En la figura 19 se representa el diagrama de radiación en tres dimensiones de una antena transmisora.

Algunas veces no nos interesa el diagrama de radiación en tres dimensiones, pues no pueden hacerse mediciones exactas sobre él. Lo que se suele hacer es un corte en el diagrama de radiación en tres dimensiones para pasarlo a dos dimensiones. Este tipo de diagrama es el más habitual, ya que es más fácil de medir y de interpretar. En la figura 20 se representa un diagrama de radiación en dos dimensiones de una antena transmisora.

La figura 21 muestra un patrón de radiación absoluto para una antena no especificada. El patrón se traza sobre papel en coordenadas polares con la línea gruesa sólida representando los puntos de igual densidad de potencia ($10 \mu\text{W}/\text{m}^2$). Los gradientes circulares indican la distancia en pasos de dos kilómetros.

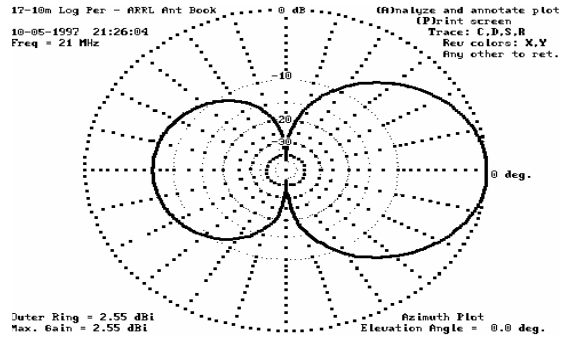
puede verse que la radiación máxima está en una dirección de 90° de la referencia. La densidad de potencia a 10 kilómetros de la antena en una dirección de 90° es $10 \mu\text{W}/\text{m}^2$. En una dirección de 45° , el punto de igual densidad de potencia es cinco kilómetros de la antena; a 180° , está a solamente cuatro kilómetros; y en una dirección de -90° , en esencia no hay radiación.

Figura19. Patrón de radiación en tres dimensiones



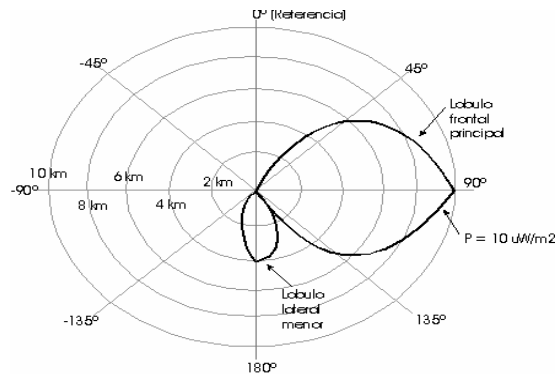
Fuente: Salmeron. **Propagación y antenas**. Pág. 147.

Figura20. Patrón de radiación en dos dimensiones



Fuente: Salmeron. **Propagación y antenas**. Pág. 148.

Figura 21. Patrón de radiación absoluto



Fuente: Wayne Tomasi. **Sistemas de comunicaciones electrónicas**. Pág. 375.

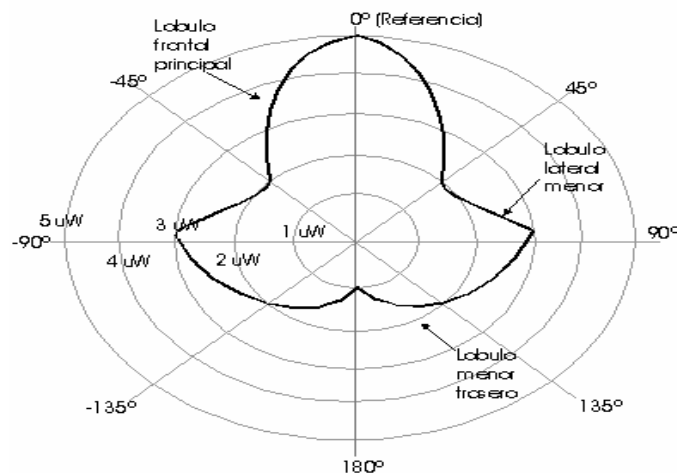
En la figura 22, el haz principal se encuentra en una dirección de 90° y se llama lóbulo principal.

Puede existir más de un lóbulo principal. También hay un haz secundario o lóbulo menor en una dirección de $+180^\circ$. Normalmente, los lóbulos menores

representan radiación o recepción indeseada. Debido a que el lóbulo principal propaga y recibe la mayor parte de energía, este se llama lóbulo frontal (la parte frontal de la antena).

Los lóbulos adyacentes al lóbulo frontal se llaman lóbulos laterales (el lóbulo menor de 180° es el lóbulo lateral), y los lóbulos que están en dirección exactamente opuesta al lóbulo frontal se llaman lóbulos traseros (en este patrón no se muestra ningún lóbulo trasero). La relación de la potencia del lóbulo frontal con la potencia del lóbulo trasero se llama sólo relación frontal a trasero, y la relación del lóbulo frontal con el lóbulo lateral se llama relación frontal a lateral.

Figura 22. Lóbulo principal



Fuente: Wayne Tomasi. **Sistemas de comunicaciones electrónicas**. Pág.376.

La línea gruesa sólida representa puntos de igual distancia desde la antena (10 kilómetros), y los gradientes circulares indican la densidad de potencia en divisiones de $1 \mu W/m^2$. Puede verse que la radiación máxima ($5 \mu W/m^2$) está en

la dirección de la referencia (0°), y la antena irradia la menor potencia ($1\mu\text{W}/\text{m}^2$) en una dirección de 180° de la referencia. En consecuencia, la relación de frontal a trasero es $5:1 = 5$.

Por lo general, la intensidad del campo relativo y la densidad de potencia se trazan en decibeles (dB), en donde $\text{dB} = 20\log(E/E_{\text{max}})$ o $10\log(P/P_{\text{max}})$. Una antena omnidireccional (isotrópica) irradia energía equitativamente en todas las direcciones; por tanto, el patrón de radiación es sólo un círculo (en realidad, una esfera). Además, con la antena omnidireccional, no hay lóbulos frontales, traseros ni laterales porque la radiación es igual en todas direcciones.

El campo de radiación que se encuentra cerca de una antena no es igual que el campo de radiación que se encuentra a gran distancia. El término campo cercano se refiere al patrón de campo que está cerca de la antena, y el término campo lejano se refiere al patrón de campo que está a gran distancia. Durante la mitad del ciclo, la potencia se irradia desde una antena, en donde parte de la potencia se guarda temporalmente en el campo cercano. Durante la segunda mitad del ciclo, la potencia que está en el campo cercano regresa a la antena. Esta acción es similar a la forma en que un inductor guarda y suelta energía. Por tanto, el campo cercano se llama a veces campo de inducción.

La potencia que alcanza el campo lejano continúa irradiando lejos y nunca regresa a la antena, por lo tanto el campo lejano se llama campo de radiación.

La potencia de radiación, por lo general, es la más importante de las dos, por consiguiente, los patrones de radiación de la antena se dan para el campo lejano. El campo cercano se define como el área dentro de una distancia D^2/λ de la antena, en donde λ es la longitud de onda y D el diámetro de la antena en las mismas unidades.

La ganancia directiva es la relación de la densidad de potencia, radiada en una dirección en particular, con la densidad de potencia radiada al mismo punto por una antena de referencia, suponiendo que ambas antenas irradian la misma cantidad de potencia. El patrón de radiación para la densidad de potencia relativa de una antena es realmente un patrón de ganancia directiva, si la referencia de la densidad de potencia se toma de una antena de referencia estándar, que por lo general es una antena isotrópica .

2.3 Las microondas Terrestres

La tecnología empleada por los servicios de microondas terrestres es básicamente similar a la utilizada por los canales convencionales, aunque la distribución a través de muy altas frecuencias (SHF y EHF) introduce una serie de características específicas que delimitan el uso de estos servicios.

El transmisor de microondas es técnicamente similar al empleado en la televisión convencional. Sin embargo, su alta frecuencia (estos servicios se caracterizan también por su bajo poder de emisión) hace que su tamaño sea mas pequeño que los utilizados en las bandas de VHF y UHF. Hay que recordar que las dimensiones físicas de los transmisores guardan una relación inversa con la frecuencia empleada.

Tanto el transmisor vídeo como audio se encuentran en una misma estructura. El de vídeo genera una portadora en la banda de microondas que es modulada en amplitud por la información relativa a la imagen (proveniente de las cámaras u otra forma de vídeo), y los impulsos de sincronización. Por su parte, el transmisor audio crea una portadora en la banda de SHF o EHF que es

modulada en frecuencia por la información sonora procedente de los micrófonos u otras fuentes sonoras.

Ambas modulaciones son amplificadas y enviadas a una antena común para su posterior propagación. Las líneas de transmisión que distribuyen la señal del transmisor a las antenas tienen que ser capaces de llevar, con la mínima atenuación, señales de microondas. Su elección dependerá de la frecuencia empleada pero las líneas más utilizadas para este fin son las guías de ondas.

La direccionalidad de la propagación de las microondas aconseja la colocación de la antena emisora en lugares elevados a fin de facilitar su distribución e incrementar el área de cobertura. Es frecuente el empleo de antenas direccionales que aumentan la eficacia (concentran el poder de emisión) y disminuyen las interferencias con otras señales.

Para incrementar la direccionalidad se colocan frente a la antena reflectores o discos parabólicos que ayudan a concentrar la propagación de la señal. La antena emisora, debido a su pequeña longitud, puede estar polarizada vertical u horizontalmente (las pequeñas longitudes de onda de la banda de microondas permiten el empleo de antenas sintonizadas, es decir aquellas que tienen una altura igual a la longitud de onda que transmite).

El área de cobertura alcanzada por estas señales depende de un conjunto de factores entre los que se pueden destacar: las condiciones de propagación de las microondas (ondas directas); potencia de emisión; altitud y direccionalidad de la antena; y las características del terreno circundante (la existencia de obstáculos dificultan o eclipsan totalmente la propagación de la señal). Entre los mencionados, los más importantes son la altitud y

direccionabilidad de la antena. Por lo contrario, el poder de emisión no tiene excesiva consideración debido a que este pierde valor conforme incrementa la frecuencia de la onda.

La señal propagada desde la antena está compuesta por una portadora situada en la frecuencia de microondas (SHF o EHF), modulada con la información vídeo y audio. El receptor, para procesar esta señal necesita una antena de microondas, un aparato de televisión convencional, y un instrumento que convierta estas bandas en una frecuencia que pueda ser recibida y procesada por un receptor estándar de televisión. La antena receptora debe tener las mismas características de polarización, tamaño, etc. que la emisora. Igualmente, y para conseguir la máxima recepción, se utilizan reflectores o discos parabólicos.

La antena receptora estará ubicada en un lugar elevado, libre de obstáculos naturales, y dirigida en línea recta con respecto a la emisora con el objetivo de conseguir la máxima eficacia en la recepción de la señal. Una vez que la señal ha sido captada y antes de ser enviada al receptor por las líneas de transmisión, es procesada por un convertidor de frecuencia. El convertidor debe estar colocado lo mas cerca posible de la antena receptora para de ese modo prevenir posibles pérdidas de poder en la señal. La función del convertidor, como su propio nombre indica, consiste en transformar la frecuencia de una onda radioeléctrica. En este caso la conversión se centra en disminuir la frecuencia de la señal (de la banda de microondas a la estándar de televisión, VHF ó UHF) para que pueda ser procesada por un receptor convencional de televisión.

La conversión se produce por medio de un proceso denominado combinación electrónica de frecuencias. Cuando dos frecuencias se combinan

electrónicamente, el resultado de esta unión es una frecuencia igual a la diferencia entre las dos originales. Si una de las frecuencias combinadas esta modulada (contiene información), esta aparecerá en la diferencia una vez efectuada la combinación electrónica. Para realizar esta combinación, el conversor genera una onda de una frecuencia tal que unida con la señal de microondas recibida produce una resultante situada en la banda de VHF ó UHF. Esta tercera frecuencia diferencial contiene la modulación original de la señal captada por la antena.

Las pérdidas de transmisión entre antenas determinan si la señal será útil. Cada sistema de transmisión tiene un máximo permisible de perdidas que, excedido, determina o una calidad baja o poca fiabilidad. Se pueden hacer predicciones razonables precisas de las perdidas que pueden existir en caminos que se aproximen bastante a la propagación en el espacio libre.

La relación de transmisión de potencia en espacio libre a una distancia “d” viene dada por la expresión:

$$Pr/Pt = (\lambda /4\pi d)^2 Gt Gr (1)$$

siendo: Pr y Pt la potencia recibida y transmitida.

λ : longitud de onda

d : distancia entre antenas

Gr y Gt: Ganancia de tramo de la antena receptora y emisora.

Por definición la ganancia de tramo de potencia de un radiador isotrópico es la unidad.

Cuando las dimensiones de las antenas son grandes comparadas con la longitud de onda, una expresión mas conveniente para la fórmula (1) es:

$$P_r/P_t = A_t A_r / (\lambda d)^2 \quad (2)$$

donde A_r y A_t son las áreas efectivas de la antena receptora y emisora.

Se puede expresar también la transmisión en espacio libre a partir de la intensidad de campo en el espacio libre:

$$E_o = 30 P_t G_t / d \text{ Voltios / metro.} \quad (3)$$

donde: d esta expresado en metros

P_t en Watts.

Como se observa en (3), la intensidad de campo en espacio libre es independiente de la frecuencia.

La presencia de tierra modifica la generación y propagación de las ondas de forma que la potencia recibida es normalmente menor que la esperada en el caso de transmisión en espacio libre. El efecto del plano de tierra sobre la propagación de ondas viene dado por:

$$E/E_o = 1 + R e^{jx} + (1-R) A e^{jx} \quad (4)$$

donde: R = coeficiente de reflexión de la tierra que es igual a $4/3$

A = factor de atenuación de onda superficial

$x = 4 h_1 h_2 / \lambda d$

La onda de superficie se puede despreciar para antenas de altura superior a la altura efectiva mínima, que depende del tipo de suelo y de las características de radiación. Se obtiene una gran simplificación de la expresión (4) para

trayectorias libres de obstáculos, en cuyo caso $R = -1$ y A es despreciable si se tiene en cuenta la altura efectiva mínima, en dicho caso la pérdida de transmisión sobre terrenos llanos es:

$$Pr / Pt = (h_1 h_2 / d^2)^2 G_t G_r \quad (5)$$

expresión independiente de la frecuencia.

La presencia de obstáculos en una determinada trayectoria y con ello la mayor o menor obstrucción del camino de la señal se suele expresar en función de las zonas de *Fresnel*.

El elipsoide de *Fresnel* está formado por el lugar geométrico de los puntos cuya suma de distancias al emisor y al receptor difiere de la longitud del rayo directo en un múltiplo de semilongitudes de onda. Para asegurar la propagación es preciso dejar libre la primera zona de *Fresnel*, cuyo elipsoide de revolución tiene un radio de valor:

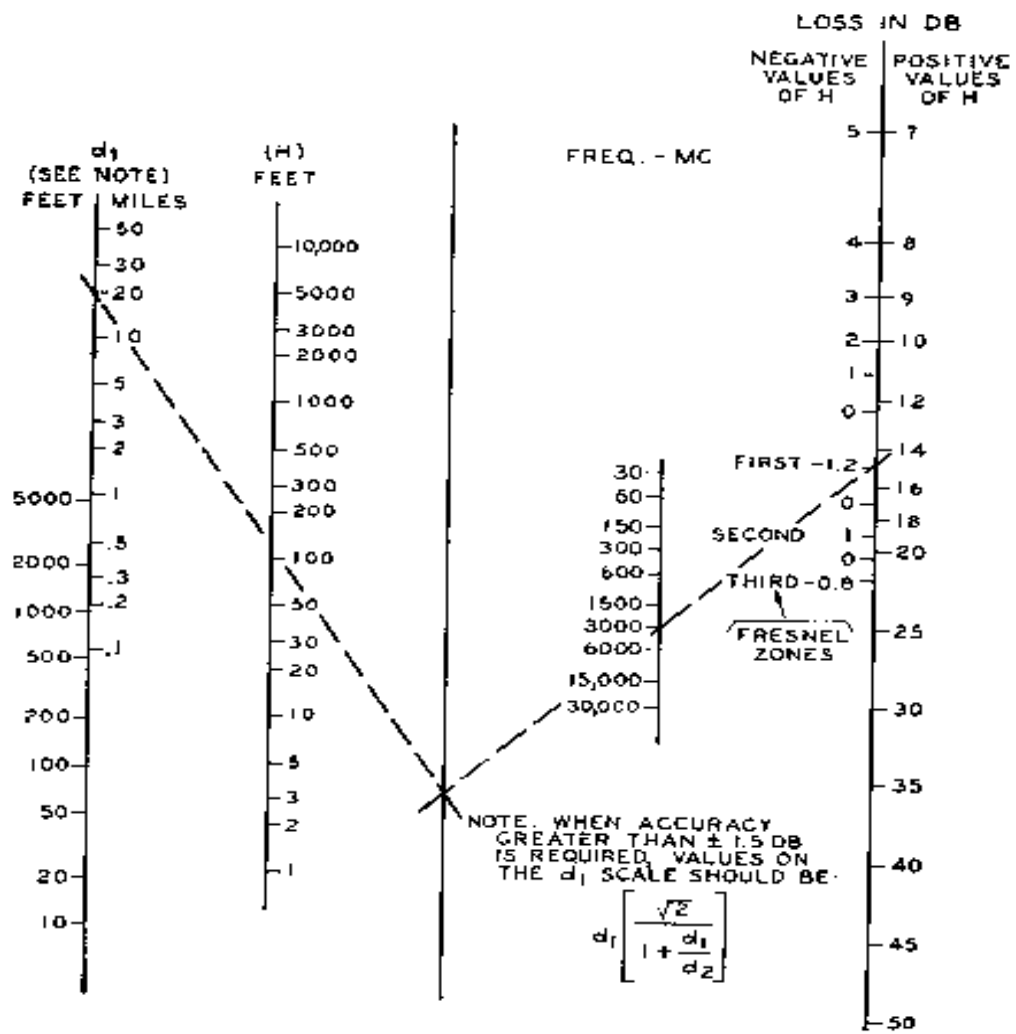
$$r = (d_1 d_2 / d_1 + d_2) \lambda$$

donde: d_1 = distancia del obstáculo al emisor

d_2 = distancia del obstáculo al receptor

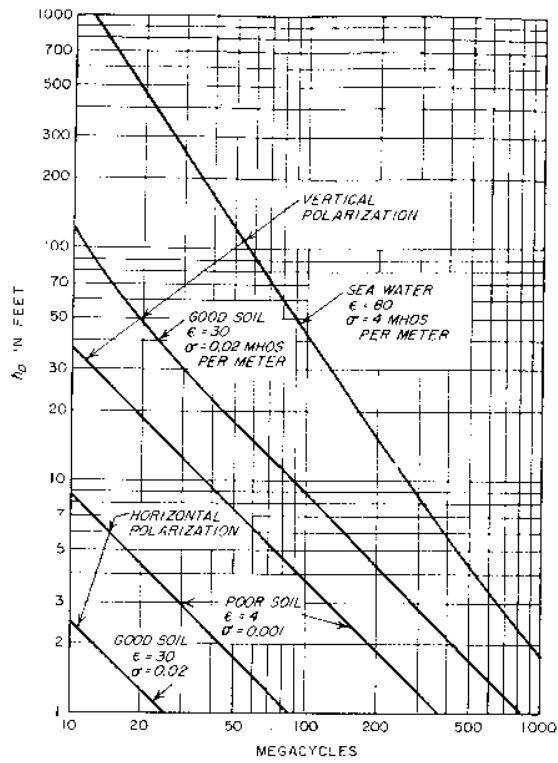
Las siguientes figuras (23 y 24) muestran la mínima altura efectiva de antena y las pérdidas relativas en el espacio libre.

Fig 23. Perdidas relativas en el espacio libre



Fuente: Edwar W. Allen, **Wave Propagation, Radiation, and Absorption**
pág.2-19.

Fig 24. Altura mínima efectiva de antena



Fuente: Edwar W. Allen, *Wave Propagation, Radiation, and Absorption* pág. 2-17.

2.4 Unidad móvil de televisión

Originalmente, en transmisiones radiales o televisivas las microondas eran utilizadas principalmente por las cadenas de televisión para enlaces estudio - transmisor. A medida que las transmisiones a distancia se hicieron más populares, las estaciones de televisión percibieron la ventaja de tener camiones de producción de campo, equipados con platos de microondas de manera de poder cubrir en vivo y directo eventos deportivos, desfiles, mítines etc.

Hay receptores y transmisores de microondas pequeños, sólidos y de onda corta que pueden ser montados en trípodes livianos, para dirigir señales de televisión desde un campo, hacia otro cercano donde se encuentra un vehículo tipo *van* de producción. Luego, la *van* envía la señal a alguno de los puntos de repetición de la ciudad (generalmente ubicado en el techo de un edificio) desde donde la señal es finalmente enviada hacia el estudio o centro de producción.

Las microondas deben tener un camino recto y definido. Cualquier obstrucción, inclusive una lluvia fuerte o granizo, puede degradar o eliminar completamente la señal.

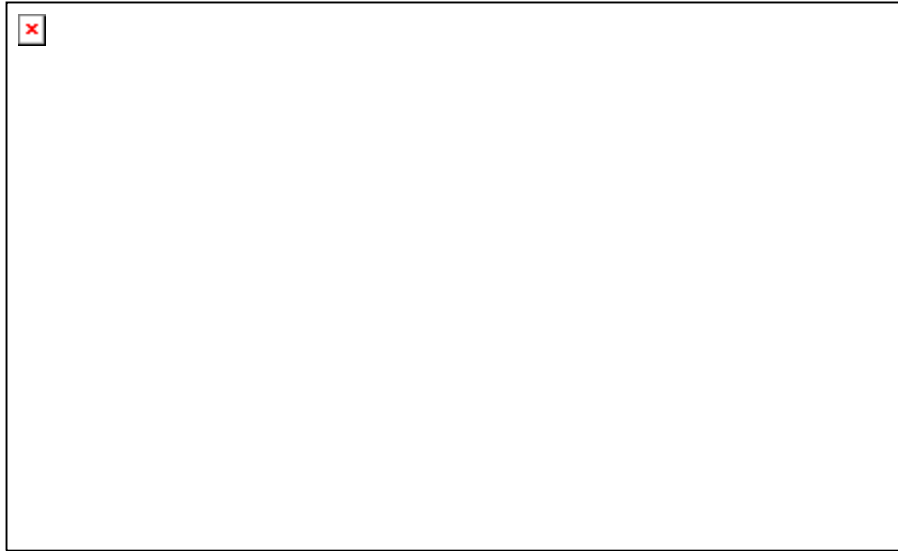
Las señales pueden ser enviadas desde helicópteros, carros en movimiento, botes etc.

2.5 Control central

En el centro de control (Fig. 25), los ingenieros de producción se enfrentan a una cabina llena de monitores de vídeo. Éstos incluyen tomas de las diferentes cámaras, reportajes remotos, dispositivos gráficos, el comercial que está a punto de salir al aire y, si es necesario, una transmisión satelital de algún proveedor.

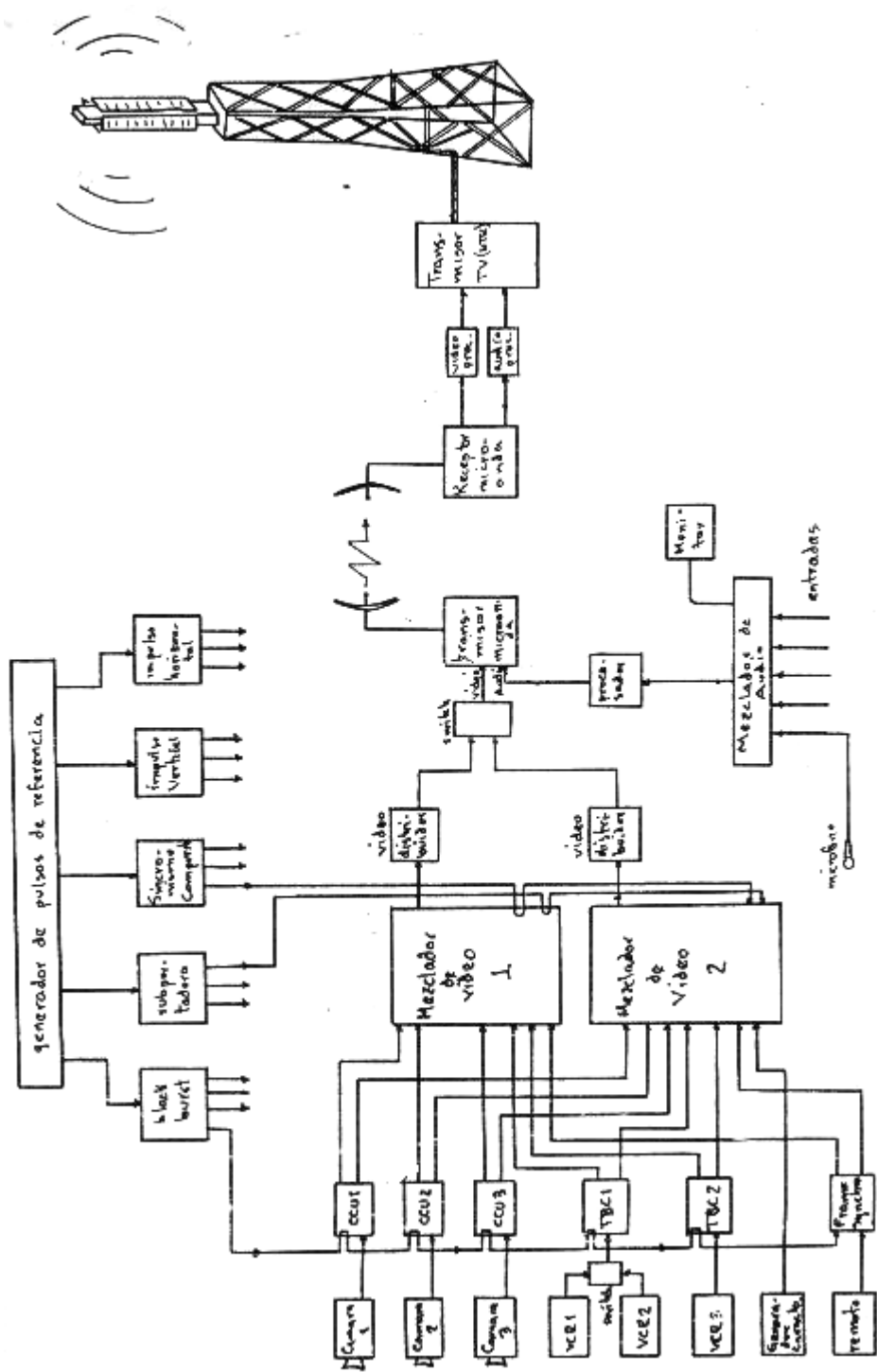
En el cuarto de control de operaciones técnicas existe un generador de sincronía de referencia con el que todo el vídeo en la planta debe ser sincronizado. Esta sincronización es también llamada *studio genlock*. En el centro de control, un ruteador, que puede tener cientos de entradas de vídeo y puertos de salida, contiene todo el vídeo de un canal de TV. En la figura 26 se muestra un esquema de una estación de televisión

Figura 25: Centro de control



Funte: Wayne Tomasi. **Sistemas de comunicaciones electrónicas**. Pág. 448.

Figura 26: Esquema de una estación televisora



Fuente: Estuardo Morales, **Control de los parámetros de operación de una estación de transmisión de televisión abierta NTSC**, Pág. 45.

3. Componentes de una estación de televisión

3.1 Fuentes de señal interna

Fuentes de señal interna son todas aquellas que se encuentran dentro del centro de control, en una estación de televisión.

3.1.1 Cámaras de televisión

El corazón de una cámara de video es su dispositivo de imagen. En la mayoría de los casos, esto significa uno o más CCDs (un chip de computadora llamado Dispositivo de Carga Acoplada). La luz del lente puede ir directamente a un CCD o puede ser dirigida a través de un prisma a dos o tres CCDs. A mayor cantidad de píxeles (puntos de sensibilidad de luz) en el área neta (*target*) del chip, mayor resolución o claridad tendrá el CCD.

Los tamaños más comunes de estos dispositivos son $1/3$, $1/2$ y $2/3$ de pulgada. La resolución es una medida de la capacidad de la cámara para reproducir detalles. A mayor resolución, la imagen lucirá más definida. El sistema NTSC puede producir potencialmente una resolución de alrededor de 300 líneas horizontales en un patrón de prueba (esto después de que ha pasado a través del proceso de transmisión; no es lo que se ve en una sala de control). Esta resolución es el límite de lo que los espectadores con visión 20/20 pueden observar en una pantalla de televisión a una distancia normal.

"Normal" significa, en este caso, una distancia de 8 veces la altura de la pantalla. Si la altura es 16 pulgadas (un tubo de imagen de 25 pulgadas), la distancia normal de observación será de aproximadamente 10 pies. Las líneas de resolución medidas por un patrón de prueba no deben ser confundidas con las líneas del barrido horizontal en el proceso de transmisión de televisión, usualmente 525 y 625 .

Aunque la mayoría de los televisores tienen la capacidad para más o menos 300 líneas de resolución, las cámaras tendrán la capacidad de una resolución más alta; 1000 líneas o más. Pero por qué molestarse por la resolución mayor de la cámara si la mayoría de los televisores no pueden reproducir la misma calidad. Como en la mayoría de los aspectos de la producción de televisión, al partir de una mejor calidad, mejor calidad tendrán los espectadores incluso con todas las pérdidas que trae consigo la transmisión.

La mayoría de las cámaras de vídeo profesionales requieren un nivel de luz cerca de 2.000 luxes para producir una imagen de calidad óptima. A este nivel de iluminación, el lente de la cámara se puede utilizar con una abertura de diafragma alrededor de $f/8$ (que proporciona una profundidad de campo razonable). Como el nivel de luz puede aumentar en una escena, el diafragma del lente se debe colocar debajo (un $f/stop$ más alto) para mantener el mismo nivel de exposición en el objetivo de la cámara. Si esto no se hace la imagen lucirá deficiente, en relación con lo que se vio anteriormente, y los altos niveles de ruido electrónico ocasionarán problemas.

Bajo condiciones de poca luz, el vídeo pronto comenzará a lucir oscuro, con pérdida de los detalles en las áreas sombreadas. Para compensar esto, las cámaras profesionales poseen un selector de ganancia con varias opciones que puede amplificar la señal de vídeo desde 3 hasta 28 unidades (decibeles o

dB's). Algunas cámaras pueden producir un vídeo aceptable bajo menos de medio luxes, que es el equivalente al nivel de luz en un cuarto con una iluminación tenue.

Mientras más decibeles tenga el selector de ganancia, habrá más pérdida en la calidad de la imagen. Específicamente, el ruido de vídeo aumenta y la claridad del color disminuye. Para situaciones que requieren vídeo, bajo condiciones de menor nivel de luz, hay módulos de visión nocturna disponibles; estos usan multiplicadores electrónicos de luz para amplificar la luz que pasa a través del lente. El mejor de estos amplificadores de luz puede producir vídeo definido y claro durante la noche usando sólo la luz producida por las estrellas (un nivel de luz de cerca de 1/100000 luxes).

Bajo condiciones sin luz, la mayoría de estos módulos emiten su propia iluminación infrarroja invisible, que luego se traduce en imagen visible. En años recientes los camarógrafos de noticias han encontrado estos dispositivos de visión nocturna muy útiles para trabajos que sólo pueden hacerse de noche, cuando cualquier tipo de luz artificial llamaría la atención y comprometería la historia que se está cubriendo.

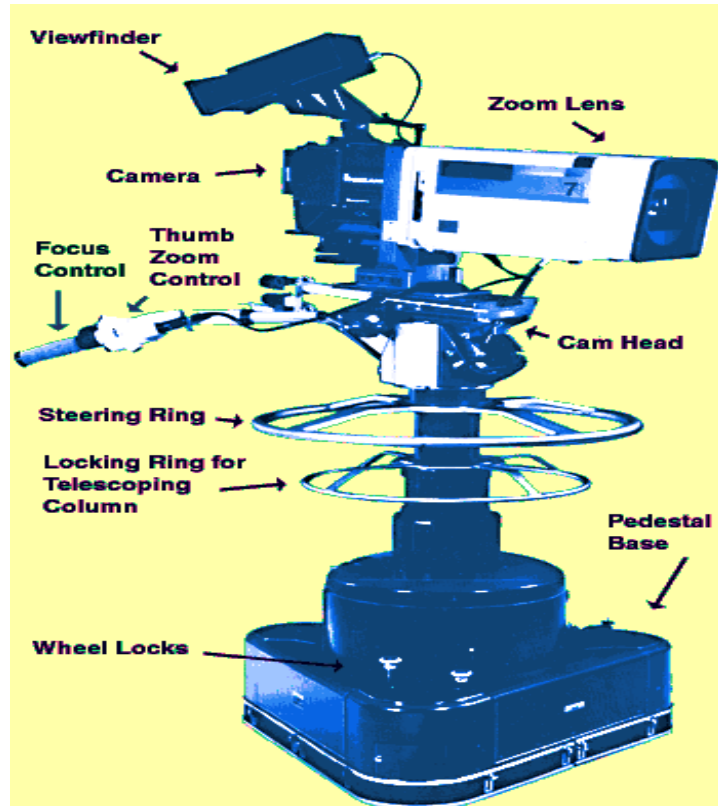
La cámara que se muestra en la figura 27 es convertible, lo que significa que puede pasar de exteriores a estudio con unos cambios rápidos. Para el estudio, la cámara es adaptada a un pedestal (*dolly*) de manera que puede ser rodada con suavidad. Un cabezal para paneos se utiliza en el estudio para un control suave del paneo y de los inclinadores (*tilts*).

La mayoría de las cámaras de video tienen un ajuste de velocidad de obturador. Poder controlar las diferentes velocidades de toma es otra ventaja creativa. Esta velocidad simplemente representa el tiempo en que el CCD reacciona ante la luz para construir la imagen. Con velocidades altas como

1/12,000 de segundo, casi cualquier movimiento puede ser "congelado" sin pérdida de nitidez o rasgos de movimiento; de esta forma se podrán grabar autos de carreras, pelotas de golf, discos de *hockey*, etc. con una mayor nitidez.

En una cámara de CCDs ajustada a su velocidad "normal" de toma: 1/60 de segundo, el rastreo se efectúa durante máximo tiempo permitido por el rango establecido en un campo del sistema de TV.

Figura 27. Videocámara convertible



Fuente: Ron Whittaker, D. **Producción de televisión**. Pág. 200.

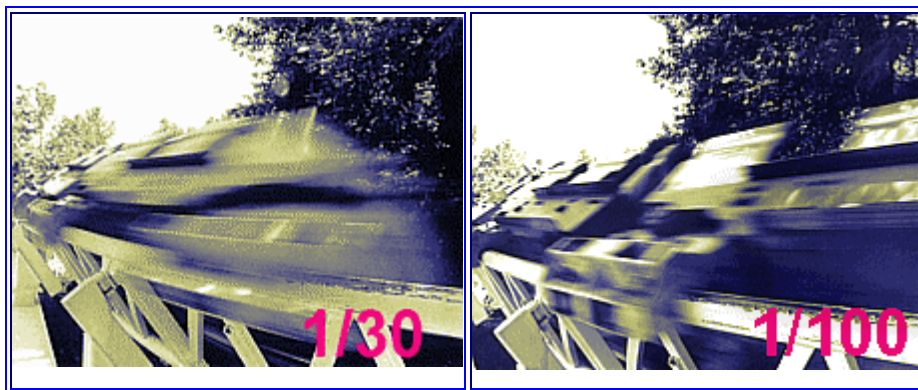
Esto representa la mayor exposición posible con un parámetro de barrido normal. Las velocidades rápidas pueden ser seleccionadas cuando los niveles

de luz son altos y existe la necesidad de congelar la acción o reducir la exposición.

La mayoría de las cámaras profesionales tienen velocidades de $1/60$ (normal), $1/100$, $1/250$, $1/500$, $1/1,000$ y $1/2,000$ de segundo. Algunas van mas allá de $1/4000$, $1/8000$, $1/10,000$, e incluso $1/12,000$ de segundo. Las velocidades altas (de $1/1000$ para arriba) hacen posible la reproducción clara en "cámara lenta" de imágenes congeladas.

Para observar la diferencia que la velocidad de toma puede sobre la acción, observe la siguiente secuencia de la figura 28. La primera fue tomada a $1/30$, la segunda a $1/100$, la tercera a $1/500$ y la última a $1/1000$.

Figura 28. Diferentes velocidades de toma





Fuente: Ron Whittaker, D. **Producción de televisión**. Pág. 128.

Cuando se graba bajo luz fluorescente, es recomendable mantenerse en la velocidad normal de toma ($1/60$). Si se usa una velocidad mayor podrá apreciarse un parpadeo en la imagen provocado por el desfase entre el intervalo de exposición del CCD y el parpadeo normal de las lámparas fluorescentes.

3.1.2 Formatos de vídeo

Todos los formatos de vídeo utilizan cabezales que recorren la superficie de la cinta y dejan trazos magnéticos que corresponden a la señal de vídeo. Para poder grabar a muy altas frecuencias asociadas con el vídeo no sólo se debe mover la cinta, también los cabezales deben girar a alta velocidad sobre la superficie de la cinta.

Todo el proceso de registro es invertido cuando se reproduce la cinta; las fluctuaciones magnéticas de la superficie inducen cambios en los cabezales, lo

que es convertido en un voltaje ínfimo. Este voltaje debe ser amplificado millones de veces antes de recorrer los elementos del equipo.

Aparte de los formatos de cinta también existen en videodiscos. El diseño más popular trabaja bajo el mismo principio del CD de audio, la información digital es codificada en los orificios del disco (dientes microscópicos). Cuando el disco gira, la luz del láser es reflejada por la superficie del disco. La presencia o ausencia de orificios corresponde a unos o ceros, el código binario básico de información digital.

Como el CD de audio, los videodiscos fueron en un comienzo de sólo lectura. Esto significa que la información, generalmente largometrajes, podía ser leída, pero no grabada. Esto fue hasta que el sistema de discos re-grabables o de lectura-escritura, fuese desarrollado. En 1997, el DVD fue lanzado al mercado (La iniciales oficiales provienen de "disco versátil digital", pero muchos se refieren a el como "disco de video digital"). Aunque el nuevo DVD se parece al CD de audio, aquellos son capaces de registrar al menos 7.4 Gigabytes, que es más de diez veces la capacidad del CD estándar. (Versiones recientes tienen, incluso, mayor capacidad).

Existen leves diferencias entre los formatos profesionales y de consumidor. Sin embargo, las cámaras grabadoras profesionales poseen las siguientes características:

1. Tres CCD (las comerciales sólo tienen 1 CCD).
2. La posibilidad de controlar los niveles de audio, además de un medidor de sonido (de esta manera no está limitado a un circuito de audio de ACG permanentemente).
3. Entradas para micrófonos de calidad profesional de baja impedancia.

4. Entrada para audífonos para monitorear sonido.
5. Lentes removibles (que permiten usar diferentes lentes para distintos propósitos que no limitan al lente que trae de fábrica).
6. Salida de vídeo para monitor externo.
7. Procesamiento de señal digital de video 4:2:2. (formatos digitales).

A mediados de los 80's, las corporaciones SONY, RCA y PANASONIC introdujeron una nueva técnica de grabación con calidad de transmisión basada en el formato de casetes de media pulgada que se había hecho tan popular en el uso casero. Los dos nuevos formatos eran el Betacam basado en el formato del Betamax, y los formatos "M" basados en el cassette de VHS. El tamaño reducido de los cassettes permitió que por primera vez se combinaran una cámara de calidad de transmisión profesional y la grabadora en una misma unidad (*camcorders*).

En 1993, el Betacam Digital trajo las ventajas de la calidad digital a la ampliamente utilizada línea Betacam. Debido a la gran densidad de la señal digital comparada con los sistemas digitales previamente usados, Sony diseñó un sistema de reducción o compresión digital de bits que elimina partes redundantes de la señal.

En 1996, SONY introdujo el sistema DVCAM como un formato digital económico. En esta línea estaba incluida una innovadora línea híbrida de edición lineal y no lineal. A pesar del formato inicial 4:1:1, el DVCPRO introdujo una versión 4:2:2 llamada el DVCPRO 50.

La calidad del formato Digital-S (D-9) 4:2:2 excede todos los formatos análogos e incluso muchos de los formatos digitales. Este formato ofrece cuatro canales de audio sin compresión. D-9 utiliza el diseño básico de transportación

de VHS, aunque ha sido alterado (junto con la cinta y el cuerpo del casete) para ajustarse a estándares profesionales.

Aunque muchas máquinas D-9 son capaces de reproducir cintas S-VHS, el formato es muy superior al S-VHS, especialmente cuando se requieren aplicaciones multigeneracionales como la edición. (La copia de una copia es la primera generación, otra copia de esa copia es la segunda, etc.) Una característica importante de este formato es la pre-lectura, que permite reproducir vídeo y audio y simultáneamente grabar nuevas señales de vídeo y audio en su lugar. Esto significa que la señal original puede ser modificada varias veces antes de ser re-grabada. Por ejemplo, títulos y efectos especiales pueden ser adicionados mientras la cinta es reproducida.

3.1.2 Reproductor de vídeo casetes

Indistintamente del formato que utilice, los grabadores de vídeo (VCR) tienen seis funciones básicas: reproducir (*play*), grabar (*record*), detener (*stop*), retroceder (*rewind*), adelantar (*fast-forward*) y pausa (*pause*). En algunos equipos, para poder grabar es necesario mantener presionado el botón *Record* antes de presionar el botón *Play*; en otros equipos simplemente hay que presionar el botón *Record*.

La cinta debe ser previamente revisada para comprobar que en ella no haya ningún material que nos interese mantener; si se tienen dudas al respecto, es preferible adelantar la cinta hasta pasar el material en cuestión, pues al grabar estaremos borrando automáticamente lo que la cinta contenga en ese espacio.

El botón *Stop* desenhebra la cinta del cabezal del equipo, mientras que la función *Pausa* permite que la cinta se mantenga en contacto con los cabezales y esté lista para comenzar instantáneamente a grabar o reproducir. Esto puede crear un problema. Si el equipo se deja en el modo *Pausa* durante demasiado tiempo, los cabezales de video desgastarán la superficie de grabación de la cinta. Esto no sólo causará daños a la cinta (*Dropout*: hueco momentáneo en la imagen causados por la pérdida de parte de la capa magnética de la cinta), sino que podría tapar los cabezales del equipo.

Cuando los espacios microscópicos del cabezal de video se obstruyen, comienzan los problemas: con suerte, puede que la imagen resulte solamente un poco nevada, pero también es posible que la imagen se enrolle, se quiebre y termine siendo una gran tormenta de nieve. Para evitar esto, la mayoría de los videograbadores de hoy en día se apagan automáticamente si son dejados en el modo *Pausa* por varios minutos. Algunos equipos cuentan con cabezales de confianza, los cuales pueden mostrar la señal grabada una fracción de segundo después que ha sido grabada; algunos equipos digitales tienen la función de *pre-lectura*, que surte más o menos el mismo efecto.

Sin los cabezales de confianza, el operador sólo puede monitorear el video de la cámara, pero no puede proporcionar señales o indicar posibles problemas de grabación.

Dependiendo del VCR, el equipo puede o no tener los controles que se detallan a continuación:

El *control de posición* (*Skew Control*) controla la tensión de la cinta de video. Esto afecta la longitud de los canales de vídeo leídos (reproducidos) de la cinta. Si este control no está ajustado apropiadamente, la imagen se verá débil o

perderá fuerza y se observarán líneas verticales doblándose en la parte superior del cuadro de vídeo. La mayoría de los controles de posición tienen una marca o posición central que indica el ajuste óptimo o normal. Las cintas que hayan sido reproducidas muchas veces, estiradas o sometidas a altas temperaturas pueden requerir un ajuste de este control.

El control de alineación (*Tracking Control*) afecta la habilidad del VCR para alinearse precisa y automáticamente con los estrechos canales de vídeo grabados en la cinta.

Al igual que el *Skew Control*, el *Tracking Control* es utilizado únicamente para corregir problemas durante la reproducción del vídeo. En la mayoría de los formatos de cintas de vídeo, los problemas de *tracking* o alineación pueden verse reflejados como una banda de ruido de video. En los casos más severos, puede darse una ruptura total de la imagen.

Algunos VCR tienen medidores del nivel de ajuste del *tracking* o alineación; esto es simplemente la lectura de la intensidad de la señal de vídeo. Si la alineación automática falla y el medidor indica un nivel de alineación por debajo del óptimo, el control de *tracking* debe ser ajustado al máximo de la señal.

Los equipos profesionales usualmente cuentan con medidores del nivel del vídeo. Esto únicamente indica el nivel máximo del video, pero no nos dice nada acerca de su contenido (podríamos encontrarnos con una pantalla totalmente blanca). Muchos VCR tienen un contador de tiempo electrónico que nos muestra exactamente en qué punto de la cinta nos encontramos. El código de tiempo representa horas, minutos, segundos y cuadros de vídeo, y también incluye medidas de 1/30 y 1/60 fracciones de segundo.

Cuando se va a utilizar una cinta virgen, es recomendable adelantarla hasta el final con la función *Fast-forward* y luego retrocederla hasta el principio con la función *Rewind*. Este proceso se conoce como embalar la cinta, y pretende lo siguiente:

1. Minimizar las variaciones en la posición y tensión de la cinta, las cuales pueden causar problemas de grabación.
2. Desprender cualquier partícula suelta que se encuentre en la superficie de la cinta para evitar que se pegue a los cabezales de grabación o reproducción del VCR.

Las cintas de vídeo no deben ser sometidas a altas temperaturas ni almacenadas por largos períodos de tiempo a temperaturas que excedan 26°C. Algunas cintas de vídeo se han dañado por permanecer a 60°C por menos de una hora.

3.1.4 Generador de caracteres

Las personas que trabajan frente a cámara utilizan diferentes tipos de apuntadores (*prompters*) para auxiliarse en la lectura de sus textos. La mayoría de los *prompters* (también conocidos como *teleprompters* por su fabricante original) despliegan frente a la cámara una imagen de los textos reflejados en un espejo. Ver figura 29.

La imagen del monitor es reflejada en una sola de las caras de un espejo plateado montado a 45° del lente de la cámara. La imagen del texto en el

prompter queda electrónicamente invertida de izquierda a derecha para que la imagen en el espejo aparezca correctamente.

Ya que el espejo sólo tiene una cara plateada, funciona como un espejo de dos vías. Primero refleja la imagen generada en la pantalla del *prompter*, permitiendo que el talento pueda leer sus líneas. Después, gracias a su semitransparencia el espejo permite que casi toda la luz de la escena pase a través de su superficie y sea captada por el lente de la cámara.

Figura 29. *Teleprompter*



Fuente: Ron Whittaker, D. **Producción de televisión**. Pág. 144.

Cuando el talento lee sus líneas en el espejo del *prompter* da la apariencia de que están mirando al lente de la cámara y por lo tanto, a la audiencia. (Para no permanecer constantemente mirando a la cámara, lo cual da una apariencia rígida). Otros prefieren utilizar grandes cartones con el guión escrito con un marcador negro grueso. Este método definitivamente presenta limitaciones. El uso de cartones no solamente requiere de una persona extra (deteniendo el cartón), sino que además el talento debe estar constantemente desviando la mirada de la cámara hacia los cartones.

El *prompter* de software es otro tipo de generador de caracteres, este tipo despliega los textos generados por una computadora. Este método posee muchas ventajas. Primero, como el texto es una imagen directamente generada es nítido y fácil de leer. Las correcciones de última hora son fáciles de hacer sin parches ni tachones que dificultan la lectura. Una vez que el guión es capturado en la computadora puede ser electrónicamente reformateado y desplegado en un formato estándar de *prompter* (frases cortas con letras grandes y gruesas). Si se usa un monitor de color en el *prompter*, algunos textos pueden ser coloreados para diferenciar las líneas de varios locutores o para resaltar algunas instrucciones especiales al talento.

3.2 Equipo de medición

Aunque la mayoría de los equipos de vídeo poseen circuitos de ajuste automático para el nivel de audio y vídeo, dichos controles están programados para realizar ajustes muy básicos, y seguramente no son los más adecuados para un acabado profesional.

Para poder examinar y controlar estos parámetros técnicos necesitamos algunos equipos especiales. En esencia, se requiere de dos equipos para monitorear y controlar la señal de vídeo: el monitor de forma de onda y el vectorscopio. El monitor de forma de onda mide y despliega una gráfica del nivel de brillo o luminancia de la señal de vídeo; el vectorscopio mide la información de color. Generalmente, estos son aparatos separados; sin embargo, en algunos casos ambos pueden estar integrados en un solo monitor de TV o una pantalla de editor computarizado.

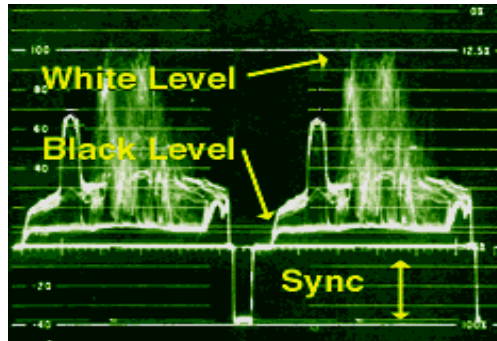
3.2.1 Monitor de forma de onda

En trabajos profesionales de vídeo los monitores forma de onda son usados mientras las escenas son grabadas. También se utilizan durante la post-producción para evaluar y mantener la calidad del vídeo escena por escena. Al conectar la señal de una cámara a un monitor forma de onda, ésta puede ser graficada electrónicamente en la pantalla del monitor tal como se muestra en la figura 30. Lo que vemos en la gráfica nos dirá mucho sobre la calidad del vídeo y nos orientará para solucionar algunos problemas. Esta fotografía contiene valores tonales desde el negro total al blanco brillante.

Las áreas oscuras de la imagen de vídeo están representadas cerca del punto cero de la escala IRE (señalado como el nivel negro "*black level*") y las áreas blancas aparecen cercanas al límite superior de la escala (señalado como el nivel blanco "*white level*").

Idealmente, los niveles de vídeo (para una imagen normal) deben encontrarse equitativamente distribuidos entre 7.5 (donde el "negro" debe comenzar) y 100 (donde el "blanco" debe terminar), tal y como esta ilustrado en la figura 30. Una escala de grises frente a cámara reproducirá divisiones iguales de blanco a negro.

Figura 30. Señal de una cámara vista en un monitor de forma de onda



Fuente: Ron Whittaker, D. **Producción de televisión**. Pág. 150.

Con un monitor de computadora (debidamente ajustado) podemos apreciar 16 divisiones en esta escala de gris. Los buenos monitores de computadora normalmente pueden reproducir los colores y las divisiones de la escala de gris con mayor precisión que un equipo de TV, tal y como lo muestra la figura 31.

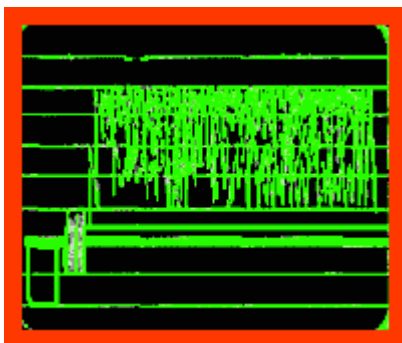
Figura 31. Escala de grises



Fuente: Ron Whittaker, D. **Producción de televisión**. Pag. 150.

La subexposición de la imagen (insuficiente luz en el *target*) resulta en niveles bajos de video. Esto es inmediatamente evidente en un monitor forma de onda ya que el pico máximo del nivel de vídeo llegará sólo a 50 o menos en la escala. Si el vídeo análogo se deja inicialmente en un nivel bajo y es incrementado o forzado después durante el proceso de grabación o transmisión la imagen resultante puede verse granulada debido al ruido electrónico. Si el *target* de la cámara es significativamente sobre-expuesto (mucha luz), el monitor forma de onda mostrara la gráfica de la señal arriba de 100. Si el error no es corregido causará una notable distorsión en la imagen de video. Bajo estas circunstancias algunos circuitos de cámara recortan el nivel de blanco. En un monitor forma de onda el resultado será similar a la figura 32 (a). En una escala de grises también se puede apreciar la pérdida de detalle en las áreas claras figura 32 (b). Este problema puede solucionarse disminuyendo el nivel de vídeo o cerrando el iris de la cámara dos o tres pasos fs.

Figura 32: Cámara subexpuesta



(a)



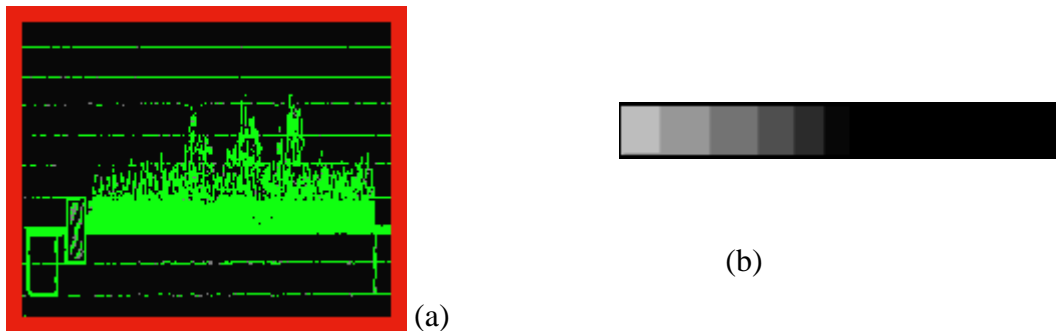
(b)

Fuente: Ron Whittaker, D. **Producción de televisión**. Pág. 152.

Otro problema es la compresión de negros. El vídeo resultante lucirá oscuro, sin detalle en las áreas negras. Una escala de grises reproducirá una pérdida de separación entre las divisiones en la porción final de la escala como muestra la figura 33. Compare la gráfica de forma de onda mostrada en la figura 33 (a) con la figura 31 (a).

Este problema suele ser solucionado incrementando el nivel de negro en el control del equipo de vídeo. Como resultado el área negra que se encontraba comprimida en la parte baja del monitor forma de onda, se expande y podemos inmediatamente distinguir detalles en las zonas oscuras de la imagen.

Figura 33: cámara sobrepuesta



Fuente: Ron Whittaker, D. **Producción de televisión**. Pág. 153.

3.2.2 Vectorscopio

Este equipo se encuentra en los centros de control de TV o como parte de sistemas sofisticados de edición por computadora. El ojo percibe el color de

manera muy subjetiva, de modo que cuando se trata de juzgar con precisión la calidad del color, el ojo puede fácilmente extraviarse. Por lo tanto necesita una manera más científica para juzgar la precisión del color (ajustar el equipo para reproducir el color correctamente).

Cuando una cámara o cualquier equipo de vídeo esta reproduciendo barras de color, se genera un patrón de prueba compuesto por vectores de cada color, éstos deben casar en sus espacios correspondientes, tal como sugiere la figura 34.

Si los vectores inciden significativamente fuera de sus áreas asignadas, existen problemas. Algunos son fáciles de arreglar girando las perillas del ajuste de fase.

Figura 34. Barra de colores



Fuente: Ron Whittaker, D. **Producción de televisión**. Pág. 154.

3.3 Procesadores de señal

Aunque algunas consolas de vídeo como la que se muestra en la figura 35 lucen muy complejas, una vez que se han entendido algunos puntos básicos, dejan de ser intimidantes. A continuación veremos las partes esenciales que

suele tener una consola de vídeo, o que puede encontrar en unidades independientes, ya sean basadas en *software* o *hardware*.

Figura 35. Consola de vídeo



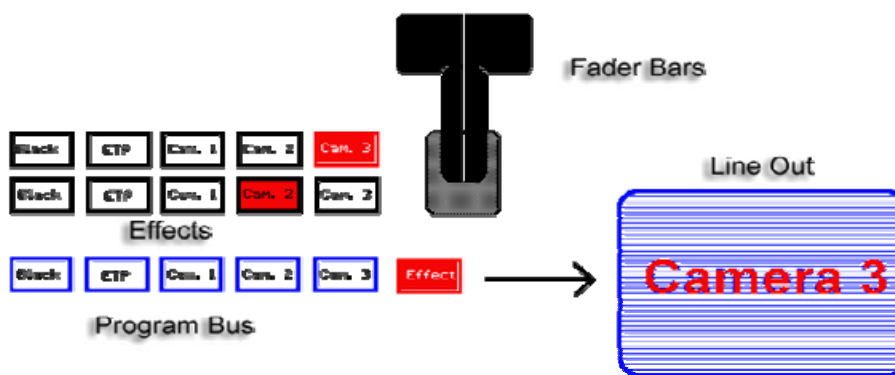
Fuente: Ron Whittaker, D. **Producción de televisión**. Pág. 160.

3.3.1 Conmutadores

En un conmutador (*Switchera*) cada botón representa una fuente de video incluso negro, el cual incluye partes técnicas de la señal de vídeo necesarias para producir negro estable. En la figura 36 los botones de la fila de abajo es el bus de programación (*program*) o de toma directa. Cualquier botón que se presione en esa fila envía su señal de video directamente a la salida (*line out*), que alimenta la señal que se graba o transmite.

La manera más fácil para cortar de una fuente de video a otra es simplemente seleccionar en el bus de programa. Este bus puede manejar el 90% de sus necesidades de edición. Si lo que quiere es conmutar de una cámara a otra, o dejar la pantalla en negro.

Figura 36. Conmutador (*Switchera*)



Para esto es necesario moverse a las dos filas de arriba, llamadas bus de mezcla-efectos.

Con el uso de las barras disolventes (*fader bars*) se puede crear efectos especiales elementales. Cuando el *fader* está en la posición superior como se muestra en la figura 36, cualquier fuente de vídeo oprimida sobre esa fila de botones es enviada al botón de efectos en el bus de programa. Como la cámara 3 fue seleccionada en el bus de efectos, esa es la cámara que se envía a través del botón de efectos a la salida del monitor.

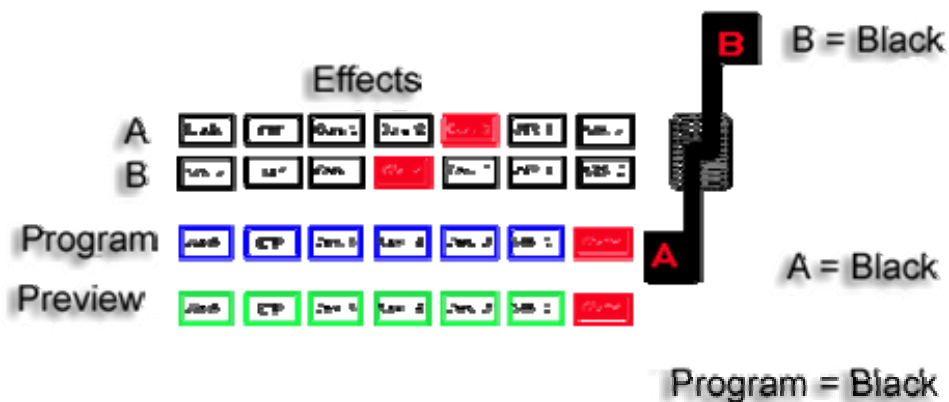
Si bajáramos las barras de disolvenca, la fuente de vídeo seleccionada en la fila inferior del bus de mezcla-efectos (en este caso la cámara 2) sería enviada a través del botón de efectos en el bus de programa hacia la salida del monitor. En poco tiempo se pone la cámara 2 en el aire.

Durante el proceso de mover las barras de disolvenca de arriba a abajo se ha visto una disolvenca (una transición superpuesta) desde la cámara 3 a la cámara 2. Si se detiene la barra de disolvenca a medio camino entre arriba y abajo, se tendrá ambas fuentes de vídeo en la salida del monitor al mismo tiempo, se estará superponiendo una cámara sobre otra. Aunque ésta era la manera para sobreponer títulos, créditos, etc. en pantalla, hoy en día se usa un proceso de selección electrónico, es decir un bus de botones que son parte de la consola para sobreponer imágenes. se añade un par de cosas nuevas a nuestra *switchera* básica como muestra la figura 37:

Primero, al observar en la ilustración de arriba que las barras de disolvenca han sido divididas, cada una comenzando en "0" (sin posición de "negro"). Si se moviera la barra de disolvenca A, a la posición superior se pondría la cámara 3 en el aire; si se moviera la barra de disolvenca B hacia abajo se pondría la

cámara 2 en el aire. Luego, fíjese en la fila extra de botones, bajo el bus de programa marcado como vista previa (*preview*). Con el bus de *preview* se puede establecer y chequear un efecto en un monitor de vista previa antes de conmutarlo en el bus de programa.

Figura 37: Switchera básica



Fuente: Ron Whittaker, D. **Producción de televisión**. Pág. 162.

Para previsualizar un efecto se puede seleccionar efectos en el bus de *preview*. Cuando se obtiene lo que se desea, se le puede cortar directamente seleccionando efectos en el bus de programa.

Algunas consolas tienen dos o más bancos de mezcla/efectos (*mix/effects*). El control de las señales de vídeo y audio en un estudio de TV o unidad de producción se hace normalmente a través de un mezclador.

La perilla de recorte, otra de las partes importantes de una consola de vídeo, controla el nivel de vídeo de la fuente que se va a seleccionar como vídeo de fondo. Esto es ajustado visualmente en el monitor de *preview*.

El tipo de botones que se ha discutido hasta ahora es conocido como botones de luminancia porque su efecto se basa en el brillo o luminancia del vídeo que está seleccionando. Pero también existen botones de color (*chroma key*), un color particular se selecciona para removerlo y se sustituye con otra fuente de vídeo. Este tipo de recorte se usa comúnmente en noticiarios donde un gráfico es insertado detrás del narrador de noticias, o un mapa está detrás de la persona que comenta el clima. También es posible eliminar (*key out*) cierto color y entonces superponer lo que queda en otra fuente de vídeo. La mayoría de los efectos especiales vistos en vídeo hoy en día son hechos con *chroma key*.

3.3.2 Consolas basadas en *software*

La mayoría de las consolas basadas en *software* usan como modelo gráfico la *switchera* tradicional, ver figura 38.

Figura 38. Consola basada en *software*



Fuente: Ron Whittaker, D. **Producción de televisión**. Pág. 163.

En este caso, sin embargo, en vez de presionar botones, se hace clic con el ratón. Los sistemas basados en *software* pueden ser regular y fácilmente actualizados cuando se programa un nuevo *software* (una ventaja que no se tiene con los equipos basados en *hardware*). También es posible ir más allá de lo básico con muchos de estos sistemas y crear cosas tales como efectos 3D y animaciones.

La mayoría de los fabricantes de estos sistemas de *software* tienen páginas en *Internet*. En algunos casos puede descargar versiones demostrativas del *software* y familiarizarse (o aprenderlo bien) antes de enfrentarse con la versión completa en una producción.

3.4 Procesadores de audio

En un estudio de televisión, las fuentes de sonido deben ser cuidadosamente controladas y mezcladas. Si los niveles de audio se les permitiera llegar a un nivel muy alto, puede resultar en distorsión, y si los niveles son muy bajos se introduce ruido. Más allá de éstos criterios básicos hay una constante necesidad creativa de controlar y mezclar cuidadosamente los niveles de audio para obtener un efecto óptimo.

3.4.1 Mezcladores

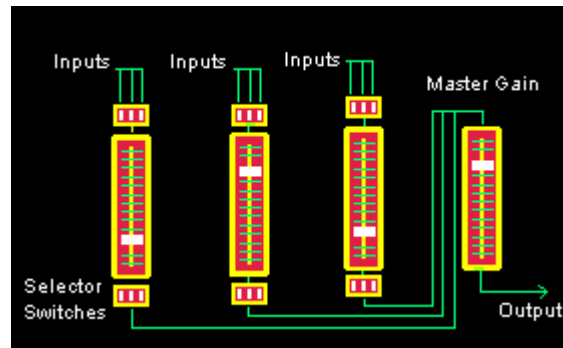
El control de las señales de audio en un estudio de TV o unidad de producción se hace normalmente a través de un mezclador o consola de audio. Tanto las consolas como los mezcladores de audio tienen 6 funciones básicas:

1. Amplifican la señal recibida.
2. Con la ayuda de medidores VU, permiten ajustes del nivel (volumen) de cada una de las fuentes de audio.
3. Permiten monitorear las fuentes individuales.
4. Permiten monitorear la mezcla de audio total.
5. Permiten mezclar sin dificultad múltiples señales de audio.
6. Permiten dirigir el efecto combinado a un dispositivo de transmisión o de registro.

Además, las consolas más sofisticadas permiten manipular características específicas de audio, incluyendo la ubicación de izquierda a derecha de fuentes de estereo, el moldeado de las curvas de frecuencia de los sonidos, añadir eco al audio, etc.

En la figura 39 vemos un diagrama simplificado de un mezclador de audio. Los selectores de la alimentación en el tope de cada atenuador pueden conmutar entre tales cosas como equipos de CD, máquinas de video casetes, equipos de DAT, alimentadores de satélite y, por supuesto, micrófonos.

Figura 39. Diagrama simplificado de un mezclador de audio



Fuente: Ron Whittaker, D. **Producción de televisión**. Pág. 168.

El selector en la parte baja de cada atenuador conmuta la salida del atenuador entre señal (*cue*), audición y programa. *Cue* se usa para fuentes de audio (para ubicar el punto apropiado de una selección musical en un CD, etc.) Se usa intencionalmente una bocina de baja calidad para que el audio *cue* pueda ser fácilmente distinguible del audio programa. Audición permite a una fuente de audio pasar a través de un medidor de VU auxiliar a bocinas de alta calidad, así los niveles son establecidos y la calidad del audio evaluada. Y naturalmente, programa envía el audio al control amplificador principal para ser registrado o transmitido.

Aunque los mezcladores de audio pueden controlar numerosas fuentes de audio, estas fuentes se clasifican en dos categorías: fuentes con nivel de micrófono, y fuentes con nivel de línea.

Las fuentes a nivel de micrófono se refieren a los voltajes extremadamente bajos asociados con micrófonos, mientras las fuentes de nivel de línea están asociadas con las salidas de fuentes amplificadas de audio, tales como CD y cintas.

La mayoría de las producciones de estudio requieren varios micrófonos. Es recomendable, para evitar problemas, marcar cada canal de audio con su respectivo micrófono, ya que media docena de micrófonos podrían causar confusión al querer saber a cual canal corresponde. Es también muy buena práctica tener un micrófono de repuesto en el *set*, listo para ser usado en el caso de que alguno de los micrófonos regulares falle repentinamente.

Existen mezcladores de audio portátiles alimentados con corriente alterna o baterías, que aceptan varios micrófonos (o fuentes de nivel de línea). La salida del mezclador portátil es entonces conectada a una entrada de audio de VTR de nivel de línea (a diferencia de una entrada de micrófono de bajo nivel). La mayoría de los mezcladores portátiles tienen entre tres y seis canales de entrada.

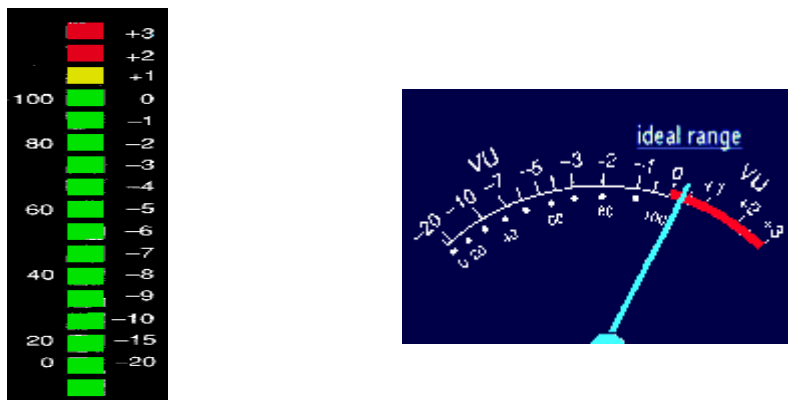
Como cada potenciómetro puede ser conmutado entre al menos dos entradas, el número total de fuentes de audio posibles termina siendo mayor que el número de atenuadores. Por supuesto, la cantidad de fuentes que puede estar operando al mismo tiempo está limitada al número de potenciómetros en el mezclador. Hay también un control amplificador principal (generalmente a la derecha) que controla los niveles de todas las entradas simultáneamente. La mayoría de los mezcladores también incluyen un atenuador del volumen del audífono.

Los mezcladores de audio y las consolas usan dos tipos de controles: conmutadores de selección y atenuadores. Como el nombre sugiere, los selectores simplemente permiten seleccionar y conmutar dentro de un canal de audio una variedad de fuentes de audio. Los atenuadores (controles de volumen) pueden ser lineales o rotatorios. Los atenuadores son también conocidos como *faders* o controles de amplificación. Los atenuadores rotatorios

son llamados potenciómetros. Los atenuadores lineales son también conocidos como *faders* verticales o deslizantes.

Es importante mantener niveles óptimos en toda la producción. Esto es comúnmente referido como "*riding gain*", un procedimiento por el cual se ajustan los niveles constantemente para optimizarlos. Las fuentes normales de audio deben alcanzar un máximo de 0dB en el VU o medidos de la intensidad del sonido (próximo a 100) ver figura 40, cuando el atenuador vertical o el potenciómetro está de un tercio a dos tercios del recorrido hacia arriba (abierto).

Figura 40. Medidores de intensidad de sonido



Fuente: Ron Whittaker, D. **Producción de televisión**. Pág. 170.

Si se tiene que llevar al atenuador totalmente hacia arriba para llevar el sonido a 0dB, indica que la fuente original de audio está entrando en la consola a un nivel muy bajo. En este caso la probabilidad de ruido de fondo en la fuente de audio aumenta. Por el contrario, si la fuente de audio es muy alta entrando

en el tablero, abriendo muy poco el atenuador causará que el audio inmediatamente llegue o pase los 0dB.

El control del atenuador sobre la fuente estará entonces limitado, haciendo imposible las atenuaciones suaves. Ya que los atenuadores usan un sistema de resistencia variable, resistencia cero significa que el atenuador ha sido llevado a su punto máximo que ninguna resistencia está siendo colocada en el paso de la señal de audio. Resistencia máxima significa que el atenuador está bloqueando totalmente el audio, que el control está totalmente abajo.

3.4.2 Registro y reproducción

Aunque los discos y las máquinas de cinta fueron la fuente principal de material sonoro pre-grabado por muchos años, a estas alturas han sido casi reemplazados por cartuchos de audio (en inglés *audio carts*, esta última palabra, abreviación de *cartridges*), CDs (discos compactos) y máquinas DAT (*digital audio tape*, es decir, cinta de audio digital).

Las máquinas analógicas de cinta de carrete, las cuales fueron usadas por varias décadas para la producción de audio, han sido casi totalmente reemplazadas por máquinas cartucho y DAT. Las cartucheras contienen una cinta continua (sin fin) de audio de $\frac{1}{4}$ de pulgada dentro de un cartucho plástico.

Se muestra en la figura 36 un cartucho. A diferencia de un casete de audio que debe ser embobinado, en un cartucho la cinta es continua. Esto significa que no hay que rebobinarla. Simplemente se espera hasta que el punto de inicio aparezca de nuevo, allí, la cinta se detiene automáticamente. En ese punto se dice que la cinta está a tiro (*cued up*), de nuevo lista para ser usada desde su inicio. La mayoría de los cartuchos registran y reproducen segmentos

de 30 y 60 segundos (usados por avisos comerciales y de servicio público) o de aproximadamente tres minutos (para selecciones musicales).

Existen cartuchos que graban hasta una hora, pero son rara vez usados. Las máquinas reproductoras de cartuchos, utilizan tonos inaudibles grabados en la cinta para marcar los puntos de arranque y parada. Para apresurar la puesta a tiro, algunas máquinas aceleran el transporte de la cinta entre el punto donde un segmento termina y el inicio del siguiente (que será el comienzo de la cinta si únicamente un segmento o corte ha sido grabado).

Debido a su calidad superior de audio, facilidad de control y tamaño, los CDs (discos compactos) son ahora el medio preferido de distribución para música grabada y los efectos de sonido. Aunque los discos que contienen audio grabado en forma permanente son los más comunes, existen también los discos compactos regrabables (R-CD, por sus siglas en inglés). Con éstos es posible grabar y reproducir material repetidamente en el mismo disco. Aunque el diámetro de un CD de audio típico es cerca de cinco pulgadas (12,7 centímetros), los CDs tienen la capacidad de archivar más información que un disco de fonógrafo de 12 pulgadas de larga duración (LP, por sus siglas en inglés) en sus dos caras. Y la respuesta de frecuencia (el tono de sonido desde lo alto hasta bajo) y el rango dinámico (el rango de audio desde fuerte hasta suave que puede ser reproducido) son significativamente mejores.

Cuando un CD es tocado, un rayo láser es usado para iluminar el patrón digital microscópico codificado en la superficie. La luz reflejada (modificada por el patrón digital) es leída por una célula fotoeléctrica.

Si la superficie del CD está suficientemente deformada por problemas de manufactura o manejo y almacenamiento impropios, el dispositivo de enfoque automático en el equipo CD no será capaz de ajustarse a la variación resultando en saltos y habrá pérdida de información. Las repeticiones del CD pueden ser programadas para arranques instantáneos en puntos precisos. Esta es una ventaja importante en la producción de audio cuando un operador o un editor de vídeo deben iniciar transiciones musicales y efectos de audio en puntos pre-programados.

Las cintas digitales de audio DATs (*digital audio tapes*) son capaces de almacenar y reproducir audio con una calidad que excede lo posible con CDs. El casete DAT de dos pulgadas por 27/8 pulgadas (5,08 x 7,30 cm) contiene en su interior una cinta de audio de 3,81 mm de ancho y cerca de dos tercios del tamaño de un casete análogo estándar.

La capacidad de dos horas de un casete DAT es 66 % mayor que un CD estándar de 80 minutos. El DAT ha tenido amplia aceptación tanto para largometrajes así como para la producción de televisión. El DAT existe en varias formas: La que se utiliza para el consumo general es conocida simplemente como DAT. Y la cinta digital de audio gravable R-DAT (recordable digital audio tape), que es para aplicaciones profesionales, así como son las máquinas ADAT de alta calidad (tipos I y II), como el mostrado en la figura 41.

Figura 41.
ADAT



Maquina

Fuente: Ron Whittaker, D. **Producción de televisión**. Pág. 174.

Sistemas DAT usan un cabezal que gira a 2.000 r.p.m., similar al que se encuentra en un grabador de casete de vídeo. Varios tipos de datos pueden ser grabados con el audio. Por ejemplo, código de tiempo y el control de data MIDI usada en el trabajo de audio de post-producción sofisticado. El acrónimo MIDI corresponde a *Musical Instruments Digital Interface* (Interface Digital para Instrumentos Musicales). Describe una norma de comunicación física entre sistemas (conectores, cables, protocolos de comunicación) y las características del lenguaje que hacen posible el intercambio de información entre los sistemas. Es importante tener presente que MIDI no transmite sonidos, sino información sobre como se ha de reproducir una determinada pieza musical. Sería el equivalente informático a la partitura.

3.5 Fuente de señal externa

Se refiere a aquellas que se encuentran fuera de la estación de televisión.

3.5.1 Antenas

Una antena es un dispositivo formado por un conjunto de conductores que, unido a un generador, permite la emisión de ondas de radio frecuencia, o que, conectado a una impedancia, sirve para captar las ondas emitidas por una fuente lejana. Para este fin existen diferentes tipos que se utilizan en transmisión de TV. Antes de entrar en detalles se verán algunos conceptos importantes para poder entender el funcionamiento de las antenas:

Impedancia: Una antena se tendrá que conectar a un transmisor y deberá radiar el máximo de potencia posible con un mínimo de pérdidas. Se deberá adaptar la antena al transmisor para una máxima transferencia de potencia, que se suele hacer a través de una línea de transmisión. Esta línea también influirá en la adaptación, debiéndose considerar su impedancia característica, atenuación y longitud.

Como el transmisor producirá corrientes y campos, a la entrada de la antena se puede definir la impedancia de entrada mediante la relación tensión-corriente en ese punto. Esta impedancia poseerá una parte real $Re(\omega)$ y una parte imaginaria $Ri(\omega)$, dependientes de la frecuencia. Si a una frecuencia una antena no presenta parte imaginaria en su impedancia $Ri(\omega)=0$, entonces se dirá que esa antena está resonando a esa frecuencia.

Normalmente se usa una antena a su frecuencia de resonancia, que es cuando mejor se comporta, a partir de ahora no se hablará de la parte imaginaria de la impedancia de la antena, si no que se hablará de la resistencia de entrada a la antena Re . Lógicamente, esta resistencia también dependerá de la frecuencia. Esta resistencia de entrada se puede descomponer en dos resistencias, la resistencia de radiación (R_r) y la resistencia de pérdidas (R_L).

Se define la resistencia de radiación como una resistencia que disiparía en forma de calor la misma potencia que radiaría la antena. La antena, por estar compuesta por conductores, tendrá unas pérdidas en ellos. Estas pérdidas son las que definen la resistencia de pérdidas en la antena. Como nos interesa que una antena esté resonando para que la parte imaginaria de la antena sea cero. Esto es necesario para evitar tener que aplicar corrientes excesivas, que lo único que hacen es producir grandes pérdidas.

Resistencia de radiación y eficiencia de antena: No toda la potencia suministrada a la antena se irradia. Parte de ella se convierte en calor y se disipa. La resistencia de radiación es un poco irreal, en cuanto a que no puede ser medida directamente. La resistencia de radiación es una resistencia de la antena en ca y es igual a la relación de la potencia radiada por la antena al cuadrado de la corriente en su punto de alimentación. Matemáticamente, la resistencia de radiación es $R_r = P / i^2$

R_r = Resistencia de radiación (ohms)

P = Potencia radiada por la antena (Watts)

i = Corriente de la antena en el punto de alimentación (Amperes)

La resistencia de radiación es la resistencia que, si reemplazara la antena, disiparía exactamente la misma cantidad de potencia de la que irradia la antena. La eficiencia de ésta es la relación de la potencia radiada por una antena a la suma de la potencia radiada y la potencia disipada o la relación de la potencia radiada y la potencia disipada o la relación de la potencia radiada por la antena con la potencia total de entrada.

Ganancia directiva y ganancia de potencia: Ambos términos con frecuencia no se comprenden y, por tanto, se utilizan incorrectamente. La ganancia directiva es la relación de la densidad de potencia radiada en una dirección en particular con la densidad de potencia radiada al mismo punto por una antena de referencia, suponiendo que ambas antenas irradian la misma cantidad de potencia.

El patrón de radiación para la densidad de potencia relativa de una antena es realmente un patrón de ganancia directiva si la referencia de la densidad de potencia se toma de una antena de referencia estándar, que por lo general es una antena isotrópica. La máxima ganancia directiva se llama directividad. La ganancia de potencia es igual a la ganancia directiva excepto que se utiliza el total de potencia que alimenta a la antena (o sea, que se toma en cuenta la eficiencia de la antena). Se supone que la antena indicada y la antena de referencia tienen la misma potencia de entrada y que la antena de referencia no tiene pérdidas.

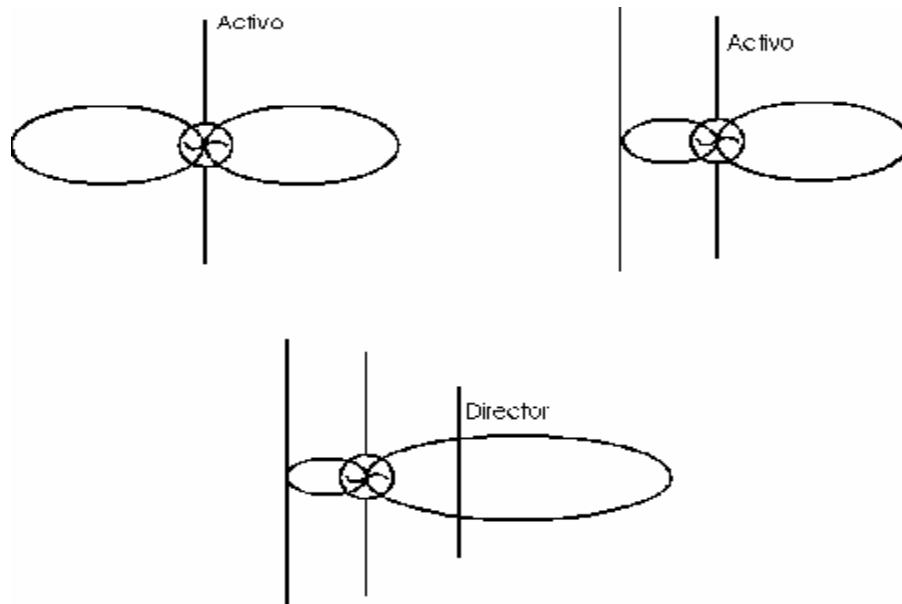
El ancho de banda de la antena: se define como el rango de frecuencias sobre las cuales la operación de la antena es satisfactoria. Esto, por lo general, se toma entre los puntos de media potencia, pero a veces se refiere a las variaciones en la impedancia de entrada de la antena.

3.5.1.1 Antena yagi

Antena constituida por varios elementos paralelos y coplanarios, directores, activos y reflectores, utilizada ampliamente en la recepción de señales televisivas. Los elementos directores dirigen el campo eléctrico, los activos

radian el campo y los reflectores lo reflejan. Los elementos no activados se denominan parásitos, la antena yagi puede tener varios elementos activos y varios parásitos. Ver figura 42.

Figura 42. Antena yagi



Fuente: Wayne Tomasi. **Sistemas de comunicaciones electrónicas**. Pág. 352.

3.5.1.2 Antena parabólica

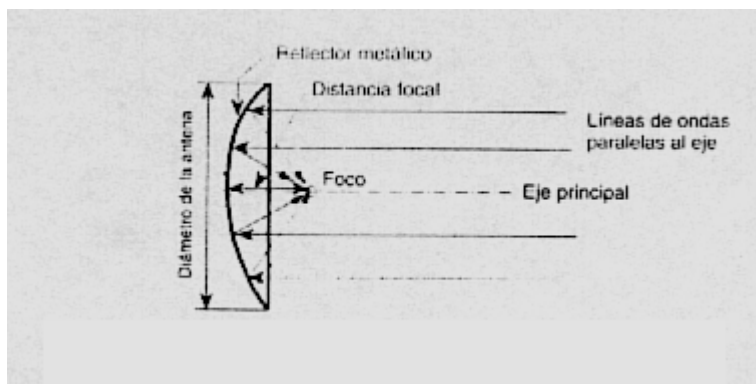
Las antenas reflectoras parabólicas proporcionan una ganancia y una directividad extremadamente altas y son muy populares para los radios de microondas y el enlace de comunicaciones por satélite. Una antena parabólica se compone de dos partes principales: un reflector parabólico y elemento activo llamado mecanismo de alimentación. En esencia, el mecanismo de alimentación aloja la antena principal (por lo general un dipolo o una tabla de dipolo), que irradia ondas electromagnéticas hacia el reflector.

El reflector es un dispositivo pasivo que solo refleja la energía irradiada por el mecanismo de alimentación en una emisión concentrada altamente direccional donde las ondas individuales están todas en fase entre sí (un frente de ondas en fase).

La orientación y el montaje de una antena parabólica, depende del tipo concreto de antena, aunque el cálculo de los parámetros para su orientación es muy similar. El montaje de la antena depende del fabricante, y para ello, el propio fabricante suministra la información necesaria para realizar con éxito dicho montaje. Los tipos de antenas parabólicas más importantes que nos encontramos en instalaciones de recepción de televisión son: Foco primario, *Offset*, *Cassegrain*, Antena plana.

Antena parabólica de foco primario: La superficie de la antena es un paraboloide de revolución, y el fabricante la calcula y fabrica para tener un rendimiento alto, el mayor posible. Su forma aparece en la figura 43. Todas las ondas que inciden paralelamente al eje principal se reflejan y van a parar al foco. El foco está centrado en el paraboloide. Este tipo de antena tiene un rendimiento máximo del 60%. Suelen ser de tamaño grande, (1.5m de diámetro).

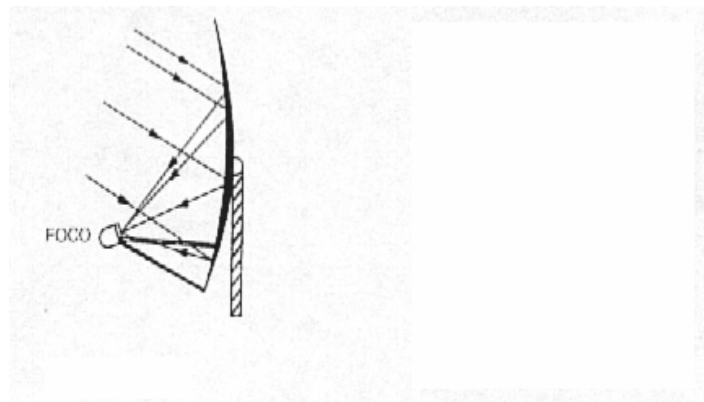
Figura 43. Antena parabólica de foco primario



Fuente: Edwar W. Allen, *Wave Propagation, Radiation, and Absorption*, pág. 114.

Antena parabólica offset: Se obtiene recortando de grandes antenas parabólicas de forma esférica, según se muestra en la figura 44. Éstas tienen el foco desplazado hacia abajo, de tal forma que queda fuera de la superficie de la antena. El rendimiento llega a ser de un 70% o algo más. Las ondas que llegan a la antena, se reflejan, algunas se dirigen al foco, y el resto se pierde.

Figura 4. Antena parabólica offset

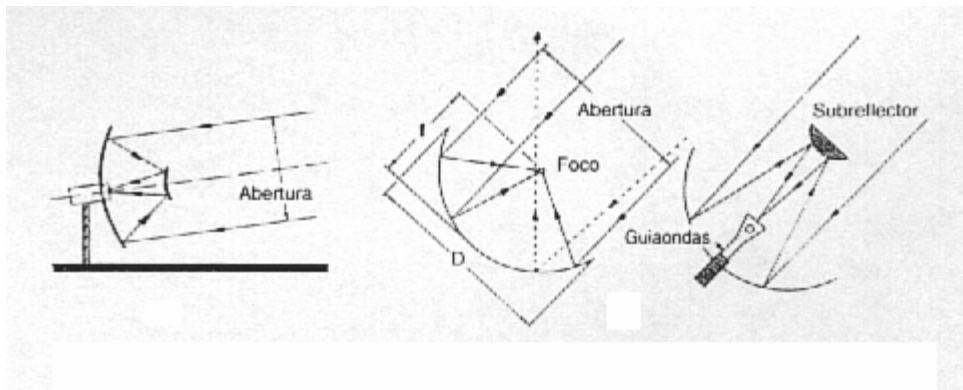


Fuente: Edwar W. Allen, *Wave Propagation, Radiation, and Absorption* pág. 115.

Antena parabólica cassegrain: Es similar a la de foco primario, tiene dos reflectores; el mayor apunta al lugar de recepción, y las ondas al chocar se reflejan y van al foco donde esta el reflector menor; al chocar las ondas van al foco último, donde estará colocado el detector. Ver figura 45.

Antenas planas: Este tipo de antena no requiere un apuntamiento tan preciso como las estudiadas anteriormente aunque, lógicamente, hay que orientarlas. Se utilizan para satélites de alta potencia. Ver figura 46.

Figura 45. Antena parabólica cassegrain



Fuente: Edwar W. Allen, *Wave Propagation, Radiation, and Absorption* pág. 117.

Figura 46. Antena Plana



Fuente: Edwar W. Allen, *Wave Propagation, Radiation, and Absorption* pág. 118.

CONCLUSIONES

1. En nuestro sistema de difusión de televisión abierta, la información visual de la escena es captada por la cámara de TV, luego convertida en impulsos eléctricos que representan la señal de vídeo, para su transmisión al receptor de TV.
2. La televisión abierta debido a que su medio de transmisión es el espacio libre tiene la ventaja de mayor cobertura.
3. Todas las cámaras, máquinas grabadoras de videocintas y transmisores están sincronizadas por un generador principal de sincronismo para que la exploración sea la misma para todas las fuentes.
4. Las principales ventajas de los formatos digitales normalizados son las de permitir múltiples generaciones sin ninguna degradación de la calidad de las imágenes, crear efectos especiales imposibles en formatos analógicos, así como facilitar los montajes de cualquier tipo y el intercambio entre países, independientemente del estándar utilizado después para la difusión (NTSC, PAL, SECAM).
5. La Superintendencia de Telecomunicaciones utiliza los canales como base para la autorización o concesión de las estaciones de televisión abierta. A través de licencias, confiere a los usuarios, ya sean públicos o privados, el derecho a explotar el tipo de servicio, ámbito

de cobertura, potencia de emisión y otros no necesariamente técnicos.

RECOMENDACIONES

1. Para una buena resolución de imagen, es importante la iluminación creativa del medio, la coherencia, temperatura e intensidad de luz deben ser monitoreados por medio de circuitos de balance, fotómetros, difusores y filtros.
2. Los transmisores deben ser puestos en funcionamiento con su propia planta eléctrica, protegidos con regulador de voltaje, supresor de transciendes y su respectivo aterrizado de cobre.
3. Los niveles de vídeo, para una imagen normal, deben encontrarse equitativamente distribuidos entre 7.5 (donde el negro debe comenzar) y 100 (donde el blanco debe terminar). Con un monitor de computadora debidamente ajustado, debe apreciar 16 divisiones en escala de grises.
4. Todo el equipo electrónico utilizado dentro de una estación de televisión abierta debe de contar con entradas y salidas analógicas y digitales, para una buena compatibilidad, mientras esté en proceso la implementación de televisión puramente digital.
5. La utilización de frecuencias, de espectro electromagnético, tipo de modulación, ancho de banda, debe ser autorizado previamente a su implementación y utilización por la Súper Intendencia de Telecomunicaciones (SIT).

BIBLIOGRAFÍA

- BERNARD GROB, **Televisión Práctica y Sistemas de Vídeo**. España: Editorial Marcombo S.A. 1990. 453 Pág.
- HERVE BENOIT, **Televisión Digital**. España: Editorial Paraninfo S.A. 1998. 230 Pág.
- TEMES LLOYD, **Teoría y Problemas para Comunicación Electrónica**. España: Editorial Paraninfo S.A. 1990. 175 Pág.
- RON WHITTAKER D, **Producción de televisión**. USA: Editorial Marban S.A. 2000. 389 Pág.
- RIVAS ALVAREZ, Walter Ovidio, tesis, Ing. Ind. Guatemala, Transmisión de Televisión por sistemas de microondas. USAC, 1996. 98 Pág.
- MORALES QUIÑÓNEZ, José Estuardo, Tesis, Ing. Eléctrico, Guatemala, Control de los Parámetros de Operaciones de una Estación de Televisión. USAC, 1996 124 Pág.
- BETHANCOURT MACHADO, Tomás. **Sistemas de Televisión Clásicos y Avanzados**. España. Departamento de Publicaciones RTVE, 1991. 89 Pág.
- MANCISIDOR, Alberto Díaz, **Radio y Televisión**, España: Editorial Paraninfo, 1990. 340 Pág.
- CRAIG, MARGARET. **Television Measurement. (NTSC Systems)**.

USA. s.e. S.P.I. 1989. 536 Pág.

*Engineering HANDBOOK. **National Association of Broadcaster. Seventh Edition.** s.e. 1982. 726 Pág.*

BAYLIN, FRANK, **Televisión Doméstica Vía Satélite. Manual de instalación.** USA. SPI 1985. 149 Pág.

www.cybercollege.com.tvp.htm

www.ibertronica.es.htm