



# UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

FACULTAD DE INGENIERIA

ANALISIS DEL CANAL DE TELEVISION DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO.

## T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:  
INGENIERO ELECTRICO Y ELECTRONICA  
P R E S E N T A N :

BOUCHAN LOPEZ / ALFREDO TADEO  
DIMAS PALOMARES CARLOS

INGENIERO MECANICO ELECTRICISTA  
P R E S E N T A :  
BENITEZ HERNANDEZ APOLINAR

DIRECTOR DE TESIS: DR. VICTOR GARCIA GARDUÑO



MEXICO, D. F.

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

2002



Universidad Nacional  
Autónoma de México



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

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

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

Autorizo a la Dirección General de Bibliotecas de la UNAM a difundir en formato electrónico e impreso el contenido de mi trabajo recepcional.

NOMBRE: DIMAS PALMARES

CARLOS

FECHA: 24 / OCT / 02.

FIRMA: [Firma manuscrita]

ESTA TESIS NO SE  
DE LA BIBLIOTECA

NO. 1000  
SERIAL 1000

*A la vida por dejarme llegar hasta este momento.*

*A lo más grande y valioso que tengo en la vida y que no cambiaría jamás: Mi Familia.*

*Mamá, gracias por tus consejos, por quererme tanto, y por tus sacrificios para cumplir mi meta.*

*Papa, gracias por tus consejos, por apoyarme en todo y por tu protección.*

*Rodrigo, gracias por aquellas palabras de aliento cuando las necesite.*

*Leonardo, gracias por ser mi hermano menor y por motivarme a plantearme metas.*

*Los quiero mucho, no cambien por favor.*

*A mis amigos de la Facultad.*

*A todos mis maestros por sus clases y por compartir sus conocimientos conmigo.*

*A las personas de TV UNSAM por el apoyo que me brindaron para hacer esta tesis.*

*A la Facultad de Ingeniería por haberme dejado tantas experiencias.*

*A la Universidad Nacional Autónoma de México de la cual me siento orgulloso.*

*Alfredo Tadeo Bouchán López.*

*Agradecimientos a :*

*Mis padres, por la oportunidad de vivir y las enseñanzas que me dieron.*

*Mi hermano Rafael, por la guía y ayuda que me brindó.*

*Mi esposa y niños, por el tiempo que me permitieron dedicarle a este trabajo.*

*La Universidad Nacional Autónoma de México y Facultad de Ingeniería, por la formación que recibí en ella.*

*Nuestro director de Tesis, por guiarnos durante 9 largos meses.*

*Los responsables del proyecto de transmisión digital en TV UNAM, por habernos permitido participar en él.*

*Apolinar Benítez Hernández*

*Agradecimientos a:*

*A Papá y mi Mamá por haberme dado la mejor herencia que se le puede dar a un hijo, y decirles que son mi ejemplo a seguir. Gracias Gordo y gracias Martina, pero muchas muchas gracias.*

*A mis hermanos Beto y Mary por su ayuda para que esto fuera posible y a mis otros hermanos Diego, Mariana y Jimena espero que les sirva de ejemplo.*

*A todos mis amigos, gracias por su amistad y ayuda, espero que sea para siempre.*

*Muchas gracias a la Facultad de Ingeniería y a todos los profesores que hacen posible la realización de tantos sueños.*

*Al departamento de ingeniería de FI UNAM les doy las gracias por que sin su ayuda esto no hubiera sido posible.*

*A la Universidad Nacional Autónoma de México por darme la oportunidad de estudiar y decirle, que estaré eternamente agradecido.*

*Carlos Dimas Palomares*



# TESIS

## ANÁLISIS DEL CANAL DE TELEVISIÓN DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO.

### OBJETIVOS:

- INVESTIGAR Y ANALIZAR LOS SISTEMAS DE TELEVISIÓN ANALÓGICOS QUE EXISTEN EN EL MUNDO.
- ANALIZAR LA INFRAESTRUCTURA CON LA QUE CUENTA EL CANAL DE TELEVISIÓN DE LA UNAM.
- REALIZAR UN ANÁLISIS DE LA TELEVISIÓN DIGITAL Y LA TRANSICIÓN HACIA LA MISMA.
- REALIZAR UNA PROPUESTA DE DIGITALIZACIÓN PARA LA TRANSMISIÓN DE TELEVISIÓN DIGITAL, EN BASE A LA INFRAESTRUCTURA CON LA QUE CUENTA EL CANAL DE TELEVISIÓN UNIVERSITARIO.

### INDICE:

### INTRODUCCIÓN

<b>Capítulo I. Introducción a la señal de video .....</b>	<b>1</b>
1.1 Teoría del color aplicada a la señal de video.....	1
1.1.1 Fundamentos del color.....	1
1.1.2 Señal de video.....	5
1.2 Formas de codificación de la señal de video.....	11
1.2.1 RGB.....	11
1.2.2 Componentes.....	12
1.2.3 S-Video.....	13
1.2.4 Video compuesto.....	13
1.3 Estándares de Televisión Analógica.....	17
1.3.1 National Television System Committee NTSC.....	17
1.3.2 Phase Alternating Line PAL.....	20
1.3.3 Séquential Couleur á Mémoire SECAM.....	22
<b>Capítulo II. Fuentes de Video y Audio.....</b>	<b>25</b>
2.1 Cámaras.....	26
2.1.1 Cámaras de video con tubos.....	26
2.1.2 Cámaras de video con dispositivo CCD (Charge Coupled Device).....	33
<b>Capítulo III. Formatos de almacenamiento de material audiovisual.....</b>	<b>41</b>
3.1 Almacenamiento en cinta magnética.....	41
3.1.1 Tipo C.....	42
3.1.2 UMATIC.....	44
3.1.3 BETACAM.....	47
3.1.4 VHS.....	50

3.1.5 Grabación de la señal de audio en cinta magnética.....	54
<b>Capítulo IV. Esquema general de TVUNAM.....</b>	<b>57</b>
4.1 Infraestructura con la que cuenta TV UNAM.....	57
4.1.1 Equipos portátiles.....	58
4.1.2 Estudios.....	60
4.1.3 Tele Aula.....	71
4.1.4 Sala Pola Weiss.....	72
4.1.5 Salas de Post-Producción.....	75
4.1.6 Central de Video.....	78
4.1.7 Master de Transmisiones.....	80
4.1.8 Canal Web.....	85
4.2 Monitoreo de la calidad de señal.....	86
4.2.1 Señales de prueba.....	87
4.2.2 Instrumentos de medición de los parámetros de la señal.....	92
<b>Capítulo V. El transmisor de TV para el canal de la UNAM.....</b>	<b>95</b>
5.1 Restricciones de la SCT para la cobertura del canal 60.....	95
5.1.1 Asignación del canal.....	99
5.1.2 Normas y lineamientos para la transmisión del canal 60.....	103
5.2 Análisis de la cobertura del canal.....	110
5.2.1 Patrón de radiación.....	110
5.2.2 Análisis de pérdidas.....	121
5.2.3 El transmisor y su monitoreo.....	125
5.3 Medición de la calidad de la señal.....	128
5.3.1 Diseño de un prototipo de antena para la recepción del canal 60.....	132
5.3.2 Medición de campo de la señal de televisión.....	135
<b>Capítulo VI. Aspectos generales de televisión digital.....</b>	<b>145</b>
6.1 La televisión digital.....	145
6.2 Digitalización de la señal de video.....	147
6.2.1 Compresión de video y audio para transmisión.....	159
6.2.2 Codificación de canal.....	161
6.3 Modulación para transmisión de televisión digital abierta.....	162
6.3.1 Modulación 8 VSB.....	162
6.3.2 Modulación COFDM.....	169
6.4 Estándares de la televisión digital.....	172
<b>Capítulo VII La transición Digital en TV UNAM.....</b>	<b>181</b>
7.1 Etapa de transición.....	181
7.2 Discusión en TV UNAM.....	188
7.2.1 Propuesta de equipamiento para transmisión digital de TV.....	188
7.2.2 Trasmisor digital de televisión.....	191
7.2.3 Monitoreo de la señal de TV digital.....	196
7.2.4 Set-top Box para la recepción de TV digital.....	201
<b>Conclusiones</b>	
<b>Bibliografía</b>	

# INTRODUCCIÓN

## 1.- Antecedentes.

A partir de la segunda mitad de la década pasada, a la Dirección General de TV UNAM se le presentaron dos retos muy importantes: El primero, la posibilidad de tener un canal propio de televisión abierta para transmitir sus programas, el cuál se vio como un anhelo durante muchos años, pero a finales de los noventas se convirtió en un objetivo alcanzable, tanto que en la actualidad ya está autorizado y operando, aunque en etapa de pruebas y con una cobertura solo para Ciudad Universitaria. Aún con estas limitantes tiene las mismas necesidades de equipamiento y control de calidad que cualquier canal de televisión abierta que opera en la actualidad.

El segundo reto es la ineludible migración hacia la digitalización, que incluye todo el proceso, desde la toma de imagen, grabación, postproducción, almacenamiento y transmisión de la señal de televisión. Hoy, la tecnología digital proporciona a los productores de programas herramientas y técnicas creativas casi ilimitadas. Permite que la calidad de audio y video sea controlada en cada parte del proceso creativo, asegurando que el producto final alcance los requerimientos de su productor. Sin embargo, una vez que este material ha sido entregado a los canales de distribución, es convertido a su equivalente analógico y el control de calidad es regulado únicamente por el sistema de distribución utilizado. Las transmisiones terrestres no tienen las mejores propiedades de recepción de señal.

Después de años de análisis, los canales de distribución han decidido remplazar sus sistemas de distribución analógicos con nuevos servicios digitales. Estos nuevos sistemas de distribución digital proveen un nivel de flexibilidad que no podría ser provisto por un sistema analógico.

A lo que nos referimos con flexibilidad en un sistema digital es a incluir mayor calidad de imagen, selección de canales de audio, y servicios de datos tales como guías electrónicas de programación, servicios interactivos, Internet, videoconferencias entre otros.

Los retos anteriores se asumieron de manera planeada, tomando en cuenta el objetivo principal de la dependencia, sus necesidades, tanto técnicas como de producción y los recursos económicos de que se dispone. Esto implicó un cambio paulatino y ordenado en que conviven diversos equipos y formatos de grabación y postproducción, tanto analógicos como híbridos y totalmente digitales. También ha sido necesario ir adquiriendo gradualmente el equipo para operar el canal de televisión abierta, debido a que no se tienen los recursos suficientes para comprar todo el equipo requerido de una sola vez.

## 2.- Objetivo del estudio.

El objetivo de este estudio es hacer un análisis de la situación en que se encuentra TV UNAM en la actualidad, en cuanto a equipamiento y capacidad de producción de programas que cumplan los objetivos que son su razón de ser. Si lo anterior se hace cumpliendo con los requisitos de calidad técnica de imagen y sonido para la transmisión al aire de acuerdo a las normas oficiales. Además de conocer las diversas posibilidades que hay para los diferentes programas que sería necesario transmitir, como teleconferencias, programas en vivo desde un estudio, programas grabados, videoconferencias y la retransmisión de algún programa que sea interesante para la comunidad universitaria y que se esté transmitiendo por un satélite o medio no abierto al público en general. Otra meta es ofrecer una visión de las tendencias que hay en cuanto a la digitalización de todo el

proceso de la señal de vídeo, desde la captura hasta la transmisión de la señal, que nos den una idea de cómo enfrentar este proceso que implica a mediano plazo la adquisición de gran cantidad de equipo que debe ser funcional para los objetivos de la dependencia.

### **3.- Límites del estudio.**

Este estudio se limita a hacer un análisis técnico, sin dar una opinión acerca del contenido de los programas de televisión ni la forma de elaborarlos, pero si se indicarán todas las posibilidades que se tienen. En lo concerniente a los equipos, se hará una descripción general de su funcionamiento, sin hacer un análisis detallado de los circuitos internos porque esto implicaría diagramas y descripciones muy extensas que para el objetivo del estudio no son necesarias, en su lugar se verán como un sistema en el que se describirá que señales entran a él, el proceso que se lleva a cabo internamente y las salidas que se obtienen, además de que lo más importante es conocer como se interrelacionan con los otros sistemas para obtener el resultado, que son los programas de televisión, se verá además el lugar que ocupan dentro de la cadena de producción. Otro tema importante a ver será cómo se lleva a cabo el control de calidad de la señal en cada una de las etapas de producción.

### **4.- Supuestos, expectativas y justificación del tema.**

Al emprender este estudio, tenemos la expectativa de que al terminarlo tengamos una visión completa del nivel de equipamiento y capacidad instalada que tiene TV UNAM para enfrentar los dos retos que se le presentan, así como los diferentes tipos de programas que se pueden elaborar en el lugar y si el control de calidad que se tiene logra que se cumplan los estándares para su transmisión al aire. Lo anterior lo hacemos tomando en cuenta que TV UNAM es una productora de programas con calidad profesional, que no tenía la infraestructura necesaria para la transmisión abierta de los mismos, pero que poco a poco ha ido adquiriendo el equipo necesario.

La razón de ser de este estudio es tener una visión completa de la situación actual y los planes a futuro de TV UNAM desde el punto de vista de la ingeniería.

### **5.- Aportación a la disciplina.**

La aportación que esperamos lograr es el ejemplo de cómo se aplican los conocimientos adquiridos durante la carrera al análisis y diagnóstico de la situación en que se encuentra una dependencia de la UNAM, cuyo funcionamiento depende mucho de la tecnología y por lo mismo debe adaptarse correctamente a los cambios tecnológicos, que ocurren muy rápidamente, porque de no hacerlo perdería la capacidad de cumplir con los requisitos de calidad que se exigen en los programas de televisión para salir al aire.

Otra aportación que esperamos dar es que otras personas dentro de la comunidad universitaria que estén interesadas en conocer la dependencia tengan una visión general amplia del equipamiento con que cuenta y las posibilidades que se tienen para producir programas. Además trata de ser un punto de partida para realizar alguna investigación más profunda acerca de un tema en especial y ser un documento introductorio para estudiantes interesados en este campo de trabajo de la ingeniería.

### **6.-Diseño de la investigación.**

Debido a que la intención de este trabajo es que sea leído por personas que quizá no tengan relación con los aparatos y señales que se manejan en la televisión, empezaremos por explicar

como se genera la señal de vídeo a partir de la teoría de la luz y el color, la forma en que se convierte en señal eléctrica para después adecuarse a un ancho de banda restringido, suprimiendo información innecesaria para el ojo humano; y a partir de ella generar la señal de vídeo que será manejada por todos los equipos.

A continuación se hace una descripción de los medios de captura y grabación de audio y vídeo que han surgido y evolucionado con el tiempo, haciendo hincapié en los que existen en la actualidad, mencionando sus características principales y ventajas.

Después seguimos con el estudio del equipo con que cuenta TV UNAM actualmente, para conocer todas las posibilidades técnicas que se tienen en la producción de los diferentes programas que se necesitan. También se hace el diagrama de flujo de las señales que se tienen en la operación de los diferentes equipos y la interrelación entre ellos en la operación de un canal de transmisión. Se hará mención especial del control de calidad que se tiene y de los aparatos disponibles para realizarlo en cada etapa del proceso de generación del programa.

Posteriormente se destina un capítulo al análisis del transmisor, incluyendo antena emisora, estudio de la cobertura, potencia, normatividad que hay que cumplir, ajustes que se le deben hacer para eliminar las señales que no están dentro de su canal de emisión y que podrían causar interferencia en otras señales. Se estudia el diseño de una antena adecuada para la sintonización del canal 60.

La última parte se destina al análisis de la transición hacia la digitalización de los equipos que se está llevando en TV UNAM, con una introducción a lo que es el vídeo digital, por qué prevalecerá sobre el actual vídeo analógico, las diferentes formas de codificarlo y almacenarlo, en que etapa de la transición se encuentra la dependencia y si se está llevando a cabo adecuadamente de acuerdo a un plan y las necesidades que se tienen. Y se realiza una propuesta de equipamiento para la transmisión televisión digital terrestre, en una fase experimental.

# CAPITULO I.

## INTRODUCCION A LA SEÑAL DE VIDEO.

### 1.1 TEORIA DEL COLOR

#### 1.1.1 Fundamentos del color.

##### Visión.

Antes de analizar y siquiera imaginar el funcionamiento de un sistema de vídeo y la señal que ésta genera, tenemos un sistema altamente complejo: la visión humana. Figura 1.1. La visión humana es un sistema que contiene dos órganos fundamentales, el ojo y el cerebro.

Cuando un objeto refleja la luz al ser iluminado, esta salida luminosa de dicho objeto estimula el ojo. Primeramente la luz entra al ojo a través de la córnea que es una capa transparente.

El iris al contraerse ó expandirse controla la cantidad de luz que incide en el cristalino. El iris se contrae ante la presencia de un nivel alto de luz y se expande con un nivel bajo de luz. Luego, la luz atraviesa la pupila, que es la abertura del iris y llega al cristalino, aquí la luz converge y se enfoca en la retina. Finalmente la retina estimula los conos y bastones que son las terminales del nervio óptico y que también conectan al cerebro, lugar en donde los estímulos son procesados.

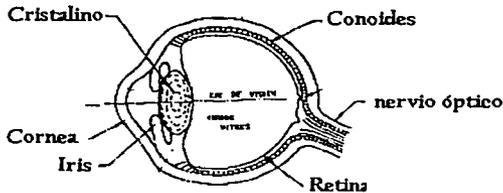


Figura 1-1 Esquema del ojo humano

##### Colorimetría.

##### Naturaleza de la Luz.

El color es una forma de luz. La luz es una forma de energía radiante y viaja en forma de ondas.

Las ondas de radio, los rayos infrarrojos, las ondas ultravioletas y los rayos gamma son otras formas de esta energía, todas ellas viajan en el aire a 300 000 Km/s pero tienen diferente frecuencia y longitud de onda, la expresión que las relaciona es:

$$\lambda = \frac{c}{f}$$

En donde:  $\lambda$ : Longitud de onda.  
 C: Velocidad de la luz.  
 f: Frecuencia.

La figura 1.2 muestra parte del espectro electromagnético en donde se puede observar la frecuencia y la longitud de onda de la energía radiante.

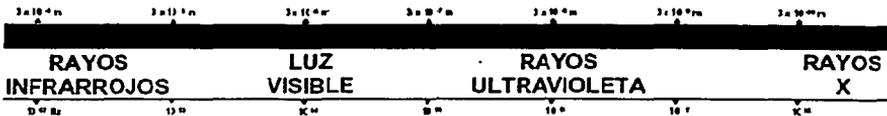


Figura 1-2 Gráfica que muestra el espectro visible

La luz se define como una porción del espectro electromagnético que es visible al ojo humano. Esta porción ocupa aproximadamente de 400 a 700 mμ y se encuentra entre los rayos infrarrojos y los rayos ultravioleta.

La figura 1.3 muestra la porción mencionada.

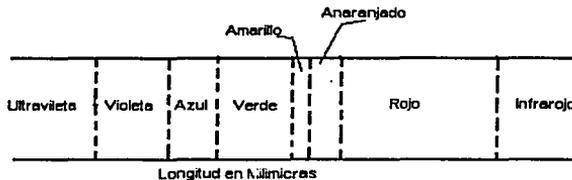
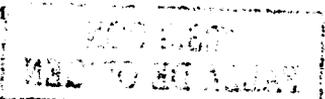


Figura 1-3. Espectro de colores visibles.

**Primarios Sustractivos.**

Los primarios sustractivos son el color amarillo, el turquesa y el magenta. Se les llama así porque sustraen (por absorción) las longitudes de onda no deseadas de la luz blanca. El sistema sustractivo de reproducción del color es adecuado cuando se trabaja con pigmentos, transparencias fotográficas ó cualquier otro caso donde la fuente inicial de luz sea luz blanca.

**Primarios Aditivos.**



Los primarios aditivos son el color rojo, el verde y el azul. Se les llama así debido a que el principio de la televisión a colores trabaja partiendo de tres fuentes individuales de luz, las cuales se suman entre sí en la pantalla.

**Dimensiones del Color.**

Las dimensiones del color son:

1.- Matiz (Longitud de onda dominante)

Se le llama también tinte ó tono. Se refiere a la longitud de onda dominante que corresponde al matiz de un color cuando es visto en el espectro visible, no importando que colores primarios se hayan usado para obtener éste nuevo color.

2.- Saturación (Pureza del color)

Indica la pureza espectral de un color, o sea la cantidad de luz blanca presente con la longitud de onda dominante.

Una saturación de 100% indica un matiz espectral puro. Una saturación de 0% es el blanco.

3.- Luminosidad (Brillantez)

Es la cantidad de energía de luz que contiene un matiz.

**Diagrama de Cromaticidad.**

Un diagrama de cromaticidad<sup>1</sup>, es la representación bidimensional de los colores visibles al ojo humano. En éste diagrama se mantiene constante la brillantez y lo que se muestra bidimensionalmente es el matiz y la saturación.

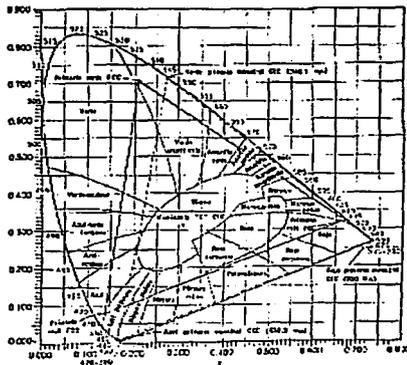


Figura 1-4. Diagrama de Cromaticidad

<sup>1</sup> El diagrama de Cromaticidad es el resultado de la investigación de la Comisión Internacional de Iluminación (ICI).

Si se recorre el diagrama comenzando en la esquina inferior izquierda y en el sentido de las manecillas del reloj, se reconocerán una gama de colores. Figura 1.5



Figura 1-5 Diagrama de Cromaticidad

El perímetro de la figura representa el espectro de los colores visibles, e indica el 100% de saturación de los colores. Aproximadamente al centro del área de la figura, se encuentra el iluminante C, éste es el color especificado por las normas de televisión a color, como el color blanco<sup>2</sup> y corresponde al 0% de saturación de cualquier color.

Entre este punto y la periferia (matices espectrales 100% saturados), los matices varían de baja a alta saturación.

El matiz se determina por un punto en el perímetro de la curva de cromaticidad, luego la saturación se determina por la posición que hay entre el iluminante C y el límite de 100% de saturación.

### Característica de la Visión al Color.

- El color verde es el más brillante de los tres colores primarios del sistema aditivo.
- El color que el ojo distingue más fácilmente es el color rojo.
- El color azul es el menos luminoso para el ojo.

### Visión del Color.

El ojo humano es muy sensible a reconocer el contenido de brillo de una imagen. Debido a ello en la televisión a colores se puede tener:

- a) Una banda de vídeo de 4 MHz para la información de brillo..
- b) Una banda de vídeo de 500 KHz para los tres colores y que solo cubrirá los objetos grandes de la imagen.
- c) Una banda de 1.5 MHz para objetos o áreas pequeñas con solo dos colores (naranja-turquesa).
- d) Para las áreas pequeñas, los detalles de la imagen no requieren color, solo requieren información de brillo.

Lo cual se puede observar en la siguiente figura.

<sup>2</sup> En el Diagrama de Cromaticidad sus coordenadas son  $x=0.310$ ,  $Y=0.316$

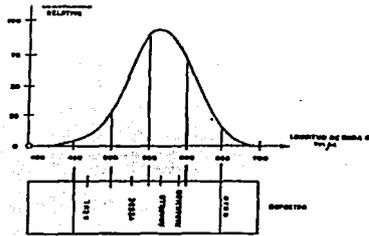


Figura 1-6 Visión del color

### 1.1.2 Señal de video

La televisión esta compuesta básicamente de un sistema que reproduce imágenes fijas al igual que una fotografía instantánea, pero con la particularidad de presentar imágenes sucesivas a una frecuencia tal, que resulta invisible a nuestra visión y es así como se genera la ilusión de movimiento.

Partiremos del análisis de imágenes monocromáticas o en blanco y negro, ya que, una imagen a color es prácticamente una imagen monocromática con adiciones de color. Y así conformar la señal de video.

La señal de video esta compuesta por tres partes fundamentales las cuales son:

1. La señal de la cámara.
2. Los impulsos de sincronía.
3. Los impulsos de borrado.

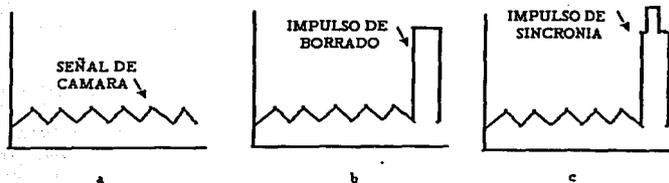


Figura 1-7 Componentes de la señal de video

Las tres componentes de la señal de video compuesta son las variaciones de la señal de la cámara, los impulsos de borrado y los impulsos de sincronía. (a) Señal de una cámara para una línea

horizontal. (b) Impulso de borrado H añadido a la señal de la cámara. (c) Impulso de sincronía H añadido al impulso de borrado, las cuales se ven en la figura anterior (figura 1.7)

### Construcción de la Señal de Video

Para entender como es construida la señal de video partiremos de la exploración de dos líneas horizontales en la imagen como se muestra en la figura (fig. 1.8), en la cual se muestran los valores sucesivos de las amplitudes de tensión.



Figura 1-8 Líneas horizontales

En la figura se puede observar lo siguiente. Cuando aumenta el tiempo en la dirección horizontal, las amplitudes varían para los matices de blanco, gris y negro en la imagen. Comenzando en el extremo de la izquierda de la figura, en el instante cero, la señal se encuentra en un nivel blanco y el haz explorador está en el lado izquierdo de la imagen, así cuando es explorada la primera línea de izquierda a derecha, son obtenidas las variaciones de la *señal de la cámara* con varias amplitudes que corresponden a la información de imagen necesaria. Después de que es producida la primera línea, esta obtenida a partir de la señal de cámara, el haz explorador se encuentra en el extremo derecho de la imagen. Luego es insertado un *impulso de borrado* que pone a nivel de negro la señal de video esto para hacer invisible el retorno del haz. Después de transcurrido un periodo de tiempo suficiente para hacer invisible el retorno del haz, se suprime la tensión de borrado y como el haz se encuentra nuevamente en el extremo izquierdo de la imagen está por lo tanto dispuesto a explorar la línea siguiente. Y así de esta manera son exploradas las líneas horizontales sucesivamente.

En la señal de video existen impulsos de borrado horizontal e impulsos de borrado vertical. Los impulsos de borrado horizontal como ya se mencionó son para hacer invisible el retorno del haz de electrones de derecha a izquierda, teniendo como velocidad de repetición de los impulsos la frecuencia de exploración de la línea que es de 15750 Hz. Los impulsos de borrado vertical tienen como función suprimir las líneas de exploración producidas cuando el haz de electrones retorna de manera vertical desde la parte inferior hasta la parte superior de cada campo. La frecuencia de borrado vertical es de 60 Hz para cada campo. Cada impulso de borrado cambia la señal de video al negro durante el tiempo de borrado.

### Polaridad de Sincronía en la Señal de Video.

La señal de video puede tener dos polaridades las cuales son:

1. Polaridad positiva, en la cual los impulsos de sincronía se encuentran como los mostrados en la figura 1.8,
2. Polaridad negativa, con los impulsos de sincronía en la posición inferior como se muestra en la figura 1.10

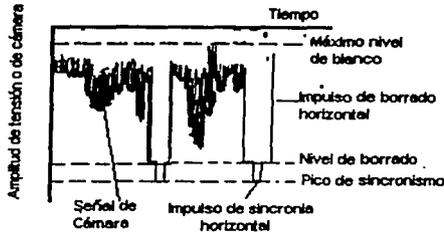


Figura 1-10 Polaridad negativa

La polaridad negativa de sincronía está normalizada para las señales dentro y fuera del equipo de video como lo son la cámara de TV, el equipo de control de video y las líneas telefónicas de distribución. La amplitud estándar o normalizada es de 1 V p-p con sincronía negativa.

#### Escala IRE de Amplitudes de la Señal de Video.

IRE significa Institute of Radio Engineers, que ahora se denomina Institute of Electrical and Electronic Engineers (IEEE). La escala total IRE incluye 140 unidades, con 100 por encima de cero y 40 por debajo. La amplitud pico a pico de la señal de video contiene 140 unidades IRE.

De las 140 unidades totales IRE aproximadamente el 29% es para la sincronía (40 unidades). Todos los impulsos de sincronía tienen la misma amplitud, la cual es del 29% de la señal de video pico a pico.

El nivel de negro se encuentra en 7.5 unidades IRE, que es aproximadamente el 5% del total. Esto se hace con el fin de asegurarse de que las señales de la subportadora de color, cuyo nivel se aproxime al de negro en la señal de cámara, no interfiriera con las amplitudes de sincronía.

Amplitudes de la señal de cámara. El nivel máximo de blanco se aproxima a 100 unidades IRE. Por lo tanto, el nivel de negro se ajusta en 7.5 unidades para que difiera del nivel de borrado, de esta manera la diferencia que existe entre las 100 unidades para el máximo blanco y 7.5 unidades para el ajuste de negro y se obtienen 92.5 unidades IRE para las variaciones de la señal de la cámara, esta cantidad es el 66% del total de unidades.

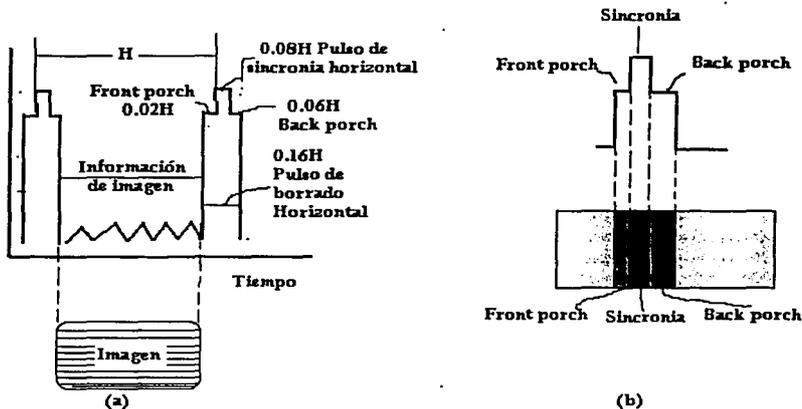
Lo anterior se puede ver en la siguiente figura 1.11



Figura 1-11. Amplitudes de la señal de cámara

**Tiempo de Borrado Horizontal Y Vertical.**

Ahora se analizará mas a fondo el tiempo de borrado horizontal y vertical, en primer lugar el borrado horizontal, para ser analizados dichos tiempos partiremos de las siguientes figuras.



Figuras 1-12 (a) y (b)

El intervalo  $H$  es el tiempo necesario para explorar una línea completa, incluyendo la ida y vuelta del haz de electrones que recorre cada línea, obteniendo de esta forma el valor de  $H$  que es  $1/15750$  s o  $63.5 \mu s$ .

De la misma manera podemos observar que el tiempo de borrado horizontal se encuentra entre  $0.14H$  y  $0.18H$ . Y así tomando el valor medio típico que es del 16% obtenemos el tiempo de borrado horizontal de la siguiente manera;

$$0.16 \times 63.5 \mu\text{s} = 10.02 \mu\text{s. (aprox.)}$$

Ahora al tiempo total del intervalo H que es de 63.5  $\mu\text{s}$  le restaremos el tiempo de borrado horizontal, para así obtener el tiempo necesario para la exploración visible, sin borrado horizontal;

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

Podemos observar en la figura (fig. 1.12) que superpuesto al impulso de borrado H hay un impulso de sincronía que es aproximadamente de la mitad de anchura del impulso de borrado teniendo así un valor de 0.008H o 5  $\mu\text{s}$ .

Durante la otra mitad restante que también es de 5  $\mu\text{s}$  el impulso de borrado se encuentra al nivel de negro o de borrado. De los cuales 1.27  $\mu\text{s}$  o 0.02H son el umbral anterior "back porch" y 3.81  $\mu\text{s}$  o 0.06H forman el umbral posterior "front porch", que como podemos observar es tres veces mayor.. De esta manera podemos resumir todos los tiempos de borrado horizontal en la siguiente tabla

PERIODO	TIEMPO, $\mu\text{s}$
Línea total (H)	63.5
Borrado H	9.5 - 11.5
Impulso de sincronía H	4.75 +/- 0.5
Umbral anterior	1.27 mínimo
Umbral posterior	3.81 mínimo
Tiempo de línea visible	52 - 54

### Tiempo de Borrado Vertical.

Los impulsos de borrado vertical cambian la amplitud de la señal de video hasta el nivel de negro, logrando con esto suprimir o hacer invisible el haz explorador durante el regreso vertical, dicho borrado vertical tiene una anchura entre 0.05V y 0.08V, donde V es igual a 1/60 s de esta manera obtenemos:

$$0.08 \times 0.0167\text{s} = 1333 \mu\text{s}$$

En este tiempo de 1333  $\mu\text{s}$  pueden ser incluidas varias líneas de exploración horizontal, de este modo, tomando en cuenta que cada línea es explorada en 63.5  $\mu\text{s}$ , se puede dividir el tiempo total de borrado vertical entre el tiempo de exploración de cada línea, obteniendo de esta manera un valor de 21 líneas borradas de cada campo y tomando en cuenta que cada cuadro cuenta con dos campos obtenemos un total de 42 líneas por cuadro.

Los impulsos de sincronía insertados en la señal de video compuesta durante el ancho del impulso de borrado horizontal pueden ser observados en la figura anterior. Estos impulsos incluyen los de igualación, sincronía horizontal y algunos de sincronía vertical. Las señales están representadas para los intervalos de tiempo comprendidos entre el final de un campo y el inicio del siguiente, y se puede observar lo que ocurre durante el tiempo de borrado vertical.. Las dos señales representadas una sobre otra son iguales excepto por el desplazamiento de media línea entre los campos sucesivos necesario para el entrelazado de las líneas.

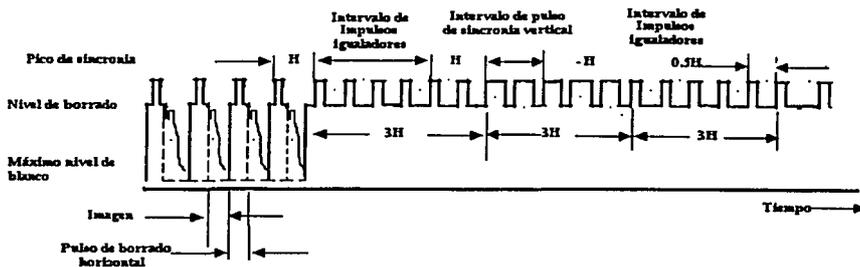


Figura 1-13

A la izquierda de la figura 1.13 observamos lo siguiente, las ultimas cuatro líneas de exploración horizontal de la parte inferior de la trama están representadas con los impulsos necesarios de sincronía y borrado horizontales. Inmediatamente después de la ultima línea visible, la señal de video alcanza el nivel de negro a consecuencia del impulso de borrado vertical como preparación para el regreso horizontal.

El periodo de borrado vertical comienza con un grupo de seis impulsos igualadores o ecualizadores que están espaciados a intervalos de media línea.

Luego sigue el impulso de sincronía vertical que es el que realmente produce el retorno vertical en los circuitos de exploración. Las hendiduras (serraciones) se producen a intervalos de media línea. Por lo tanto, el impulso de sincronía vertical completo tiene una anchura de tres líneas.

A continuación del impulso de sincronía vertical hay otro grupo de seis impulsos igualadores y un tren de impulsos horizontales.

Durante el periodo de borrado vertical no se produce ninguna información de imagen, ya que el nivel de la señal corresponde al nivel de negro de modo que queda borrado el regreso vertical.

Todos estos impulsos están resumidos en la siguiente tabla.

PERIODO	TIEMPO
Campo total (V)	$1/60 = 0.0167$ s
Borrado V	0.05V - 0.08V
Cada impulso de sincronía V	27.35 $\mu$ s
Total de seis impulsos de sincronía V	3H = 190.5 $\mu$ s
Cada impulso E	0.04H = 2.54 $\mu$ s
Cada hendidura	0.07H = 4.4 $\mu$ s
Tiempo de campo visible	0.92V - 0.95V

1.2.- FORMATOS DE CODIFICACIÓN DE LA SEÑAL DE VIDEO

1.2.1.- Señal de video en R G B.

La señal de video R G B se obtiene a partir de la salida directa de las cámaras. La escena es captada en sus componentes rojo, verde y azul (por adición de colores), haciendo pasar las imágenes a través de filtros rojo, verde y azul, antes de que llegue a los 3 sensores ( Tubos o CCD's), donde el nivel de luz será convertido en señal eléctrica. A la salida de los sensores tendremos un voltaje que será directamente proporcional a la cantidad de luz recibida.

La señal obtenida de los tres sensores recibe diversos procesos, como: amplificación para que la señal tenga un nivel adecuado y poder acoplar impedancias, ecualización para tener una respuesta plana en la banda de frecuencias que maneja el sistema (5 MHz en NTSC), se le fijará el nivel de negro para establecer este valor cuando en el sensor no haya luz ( a este proceso se le llama "clamp" ), este nivel puede ser de 0 volts o cualquier otro que resulte adecuado para los circuitos, después se somete a un proceso que se llama corrección de gamma, este se lleva a cabo porque en el cinescopio del receptor la emisión de luz no es proporcional al voltaje aplicado sino que sigue una curva aproximadamente parabólica, tal como sigue

$$L = (V_g)^2 \quad \text{donde } V_g = \text{Voltaje aplicado a la rejilla del cinescopio}$$

$$L = \text{Luz emitida por el cinescopio}$$

El comportamiento anterior hace necesaria una corrección que compense esta situación, por lo que se le aplica a la señal una distorsión opuesta, es decir:

$$R = (R')^\gamma \quad G = (G')^\gamma \quad B = (B')^\gamma \quad \text{donde } \gamma = 1/2.2 \text{ aproximadamente } 0 < R=G=B < 1 \text{ Volt}$$

$R'$ ,  $G'$  y  $B'$  son las señales que salen de los sensores.

Una explicación gráfica se observa en la siguiente figura (fig. 1.14)

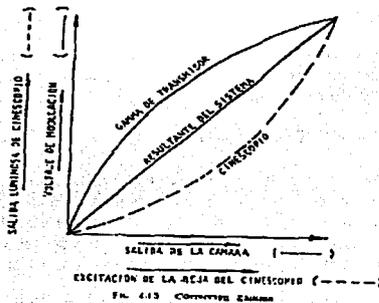


Figura 1-14 Efecto de la corrección gamma sobre la curva de respuesta de transmisor y receptor.

Después de este último proceso se le ajustan los niveles a cada señal para que con una imagen de "blanco total" o blanco al 100% se tengan niveles iguales de voltaje de 1 Volt. Antes de que las señales salgan del aparato que así las maneja, a la señal **G** se le suele agregar la sincronía en algunos equipos, para que al ingresar al siguiente, la tome como referencia.

Las señales así obtenidas se llaman **R G B** porque representan a los tres colores primarios, mismos que se pueden manejar de esta manera en equipos profesionales como switcher's, cámaras etc. Si se utilizan las tres señales, la fidelidad del color reproducido con la imagen real será casi total, por lo que se suelen utilizar en la incrustación de una imagen sobre otra (chroma key), sin embargo no se utilizan para almacenar video y menos para transmisión porque utilizarían tres veces el espacio de almacenamiento y el ancho de banda de un canal de televisión normal. Además también triplica la circuitería de los equipos. Por tales razones no son muy utilizadas.

### 1.2.2.- Señal de Video en Componentes.

La señal de video en componentes se deriva de las señales principales comentadas anteriormente (**R G B**), se compone de tres señales que son:

**Y** = Señal de luminancia, que representa el brillo de la imagen o esta en blanco y negro.

**R-Y** = Se llama diferencia de color **R** menos **Y** y es la diferencia de voltajes entre la señal **R** y la señal **Y** invertida.

**B-Y** = Es equivalente a la anterior pero tomando la señal **B**.

La razón por la que no se obtiene la señal **G-Y** es porque se puede obtener a partir de las anteriores mediante combinaciones adecuadas.

Si buscamos alguna ventaja a la utilización de estas señales en lugar de las señales básicas **R, G** y **B**, no encontramos ninguna, debido a que también presentan el problema de triplicar el ancho de banda, la cantidad de líneas para su transmisión en equipos profesionales y el espacio para su almacenamiento, sin embargo estas señales son muy utilizadas en los estudios y salas de postproducción porque conservan la misma calidad de imagen que las señales **R, G, B** y mediante otros procesos se obtienen todas las señales necesarias en la cadena de producción de una estación de televisión: captura, almacenamiento, postproducción, transmisión, y en la etapa de transición al mundo digital también se utiliza para la digitalización de video analógico.

Las ventajas que presenta se harán patentes en la obtención del video compuesto, por lo tanto en esta sección solo veremos como se obtienen.

La señal **Y** es, como ya dijimos, una representación de la luminancia, y en los receptores monocromáticos es la señal que brinda toda la información del video, por lo que es indispensable en la transmisión y la grabación, se obtiene con la suma algebraica de las siguientes proporciones de **R, G** y **B**:

$$Y = 0.299R + 0.587G + 0.114B.$$

La razón de que la proporción con que contribuye cada color a la luminancia sea tan diferente se debe a que, como vimos anteriormente, en la cámara se ajusta la ganancia de los colores primarios para que ante una imagen sin color (por ejemplo, una hoja de papel blanca), los tres colores tengan niveles iguales, pero cada color contribuye de manera diferente al brillo total de la escena en el receptor, por lo que se toma solo la parte necesaria de él, y esa es la que se indica en la fórmula.

De la misma forma que en el caso de las señales **R G B**, a la componente **Y** se le agrega la sincronía para que sea tomada como referencia por el equipo al que se envía la señal.

Las señales diferencia de color R-Y y B-Y se obtienen sencillamente sumándole a la respectiva señal de color la señal de luminancia antes obtenida, pero invertida.

Para obtener las señales de video en componentes, solo se someten los voltajes primarios a circuitos sumadores y restadores resistivos, con transistores para acoplar impedancias, como se ilustra en la siguiente figura (figura 1.15) tomada de una cámara de video.

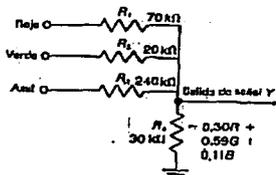


Fig. 1-14. Circuito del divisor de tensión resistivo utilizado como matriz para formar la señal Y.

Figura 1-15 Como se obtienen las señales de video en componentes a partir de R, G y B.

### 1.2.3.- Señal de Video S-Video.

La señal de video S-Video (Super Video), se obtiene como un paso previo a la obtención de la señal de video compuesto, que es la que se utiliza en la transmisión de televisión, por lo que su codificación se explicará en detalle en el siguiente punto, en esta sección nos limitaremos a decir que esta señal se compone de dos partes, la señal de luminancia, que es la misma que obtuvimos en la sección anterior, con la sincronía incluida. La siguiente componente de la señal S-Video es la crominancia, que es la que tiene la información del color de la imagen, se compone de las señales R-Y y B-Y; filtradas para recortarles el ancho de banda, moduladas en cuadratura por una señal denominada subportadora de color (Fsc), por razones de este tipo de modulación se agrega una muestra de 8 a 9 ciclos de la Fsc para poder demodularla y obtener las componentes R-Y y B-Y en el aparato receptor. Todos los datos referentes a estos procesos y las razones de ello se explicarán adelante, recordando que esta señal se obtiene como paso previo a la codificación del video compuesto.

La razón de utilizar esta señal se debe a que, como se manejan la luminancia y crominancia por separado, no hay interferencia entre ellas, por lo que se utilizan en algunos aparatos para mejorar la calidad de la imagen que vemos en el monitor. Pero se utiliza solo para transmitir la señal entre equipos que se encuentran en un mismo lugar, porque son necesarias dos líneas de transmisión. Además, por el filtrado y modulación que sufre la señal de crominancia, pierde fidelidad, por lo que se prefiere utilizar la señal en componentes en equipos profesionales. Estas razones hacen que no sea utilizada con frecuencia, aunque en equipos domésticos de calidad suele utilizarse porque la fidelidad del color es mayor que en los normales.

### 1.2.4.- La Codificación en Video Compuesto.

La codificación de video compuesto se llama así porque en una misma línea o canal de transmisión se envía tanto la señal de luminancia como la señal con la información del color (crominancia) que obtuvimos en el apartado anterior, con el agregado de que comparten el mismo ancho de banda. La necesidad de crear este método de codificación de video se dio a partir del surgimiento de la televisión a color, para poder enviar tanto la información de la luminancia como la de color en el mismo canal. Para que los dos sistemas fueran compatibles y no hubiera necesidad de cambiar todos los receptores a blanco y negro que ya existían cuando solo se enviaba la señal de luminancia.

Para poder ubicar la información de color dentro del mismo canal de transmisión de la señal de luminancia, se aprovechó una característica especial de la distribución del espectro de ésta señal, que consiste en que la energía no se distribuye uniformemente en toda la banda de 4.5 MHz, sino que se acumula en paquetes alrededor de múltiplos de la frecuencia de línea, quedando poca o nula entre ellos, como se ilustra en la figura 1.16(a). Los espacios vacíos se utilizan para ubicar en ellos la señal de información de color de la misma forma, quedando como en la figura 1.16( b).



Figura 1.16(a) Espectro de la señal de vídeo en blanco y negro.

Figura 1.16(b) Espectro anterior con la información de color agregada.

Para poder lograr ubicar en ese lugar la señal de color se le tuvieron que hacer las modificaciones que a continuación se explican.

En lugar de enviar las tres señales R G B que contienen toda la información de color de la imagen, se envían solo las señales diferencia de color R-Y y B-Y, debido a que con un proceso adecuado de estas, se pueden obtener las señales R G B nuevamente en el receptor. La señal G-Y no se elige porque normalmente siempre da valores menores a las otras dos, lo que la hace más susceptible al ruido. La razón de escoger las señales diferencias de color se debe a que si la imagen es en blanco y negro, el resultado de estas es nulo, con lo que solo tendremos señal de luminancia. Como lo indican las siguientes relaciones.

$$R-Y=I-I=0 \quad B-Y=I-I=0 \quad \text{Para una imagen con blanco al 100\%, para una imagen en grises la relación se mantiene.}$$

Esta es la poderosa razón del uso tan extendido que se tiene en la actualidad de la señal de video en componentes que explicamos en el punto 1.2.2; en los equipos de estudio, postproducción y digitalización de video, en los sistemas analógicos e híbridos.

Tomando en cuenta que las señales R-Y y B-Y tienen toda la información de brillo y color de la imagen y que los voltajes resultantes pueden tener valores positivos y negativos, podemos representarlos en un sistema de coordenadas rectangulares, donde la magnitud del vector resultante representa la saturación del color, y el ángulo con la componente positiva de la señal B-Y, el matiz o tipo de color de que se trate. Como lo indica la figura 1.17, donde se anotan los lugares que ocupan los colores más importantes utilizados en el ajuste de los equipos.

Como el ancho de banda de los componentes R-Y, B-Y es el mismo de la señal de luminancia, si se ubican con su espectro completo ocuparían el canal completo de ésta, y no sería posible separarlos, por lo que tienen que ser filtrados hasta un nivel adecuado en que la interferencia con la luminancia sea indetectable por el espectador y puedan ser aceptablemente separadas las señales de croma y luminancia.

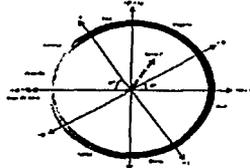


Figura 1.17.- Representación vectorial de cualquier color a partir de los componentes R-Y y B-Y.

El recorte del ancho de banda es viable porque se ha demostrado que la visión humana es mucho más sensible a la luminancia que al color, significando que los detalles finos los vemos en blanco y negro, mientras que el color solo se detecta en áreas relativamente grandes de la imagen televisada, razón por la que enviar información de color en altas frecuencias resulta innecesario, lo que justifica el recorte de éstas frecuencias en las señales R-Y y B-Y. Otra característica de la visión humana consiste en la mayor sensibilidad a los matices naranja, que corresponden aproximadamente al color de la faz de las personas, por lo que se decidió transmitir dos vectores ubicados a 123 y 33 grados respectivamente del eje B-Y, llamados I y Q, donde el vector I tiene un ancho de banda de  $\pm 1.5$  MHz, para que la cara de las personas tenga mas detalle. Mientras que el vector Q tiene un ancho de banda de  $\pm 0.5$  MHz y está ubicado en los tonos magenta-azul, donde el ojo tiene muy poca definición. Los vectores definitivos quedan como sigue:

$$I = 0.47(R-Y) - 0.27(B-Y)$$

$$Q = 0.48(R-Y) + 0.41(B-Y)$$

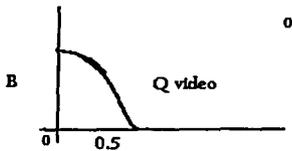
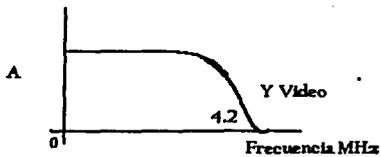
Con el cambio de vectores que se envían, se mantiene el requisito de que contienen la información de todos los colores que es necesario reproducir porque abarcan todos los Cuadrantes del plano R-Y, B-Y, como lo indica la figura 1.17

El último proceso que se realiza a los componentes del color es la modulación por una portadora que permita ubicarlos en la parte alta del canal de luminancia para que interfieran lo menos posible con ella, además de que la portadora, llamada Fsc, tiene que ser de un valor tal que permita ubicar su espectro en los lugares indicados en la figura 1.16(b).

Como la elección de la subportadora se explica con detalle en el punto 1.3.1 referente al estándar de televisión NTSC, en éste punto solo explicaremos el método empleado para modular la frecuencia portadora de la señal de color con los componentes I y Q.

El método utilizado para modular la subportadora con las señales I y Q es la modulación en cuadratura, consistente en que cada señal modula a una señal de igual frecuencia pero desfasada 90 grados, con lo que al sumarse nos da otra señal senoidal modulada en amplitud (que nos da la información del nivel de saturación del color) y en fase ( que indica el tinte o tono del color). Si la señal resultante se dejara con el ancho de banda completo, la señal I rebasaría El ancho de banda asignado a la luminancia, con las consecuencias que se explican en el Punto 1.3.1, por esa razón la banda superior de la crominancia se recorta a 0.5 MHz.

Amplitud Relativa



Amplitud Relativa

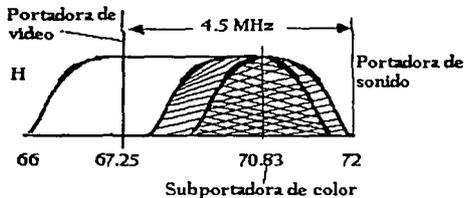
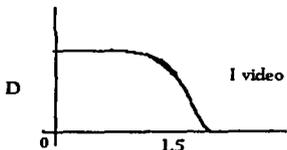
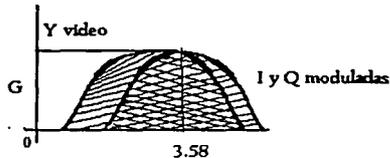
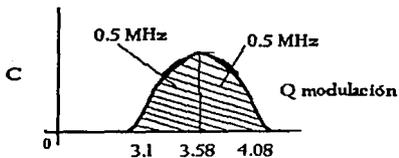
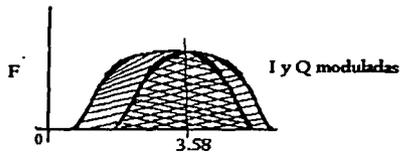
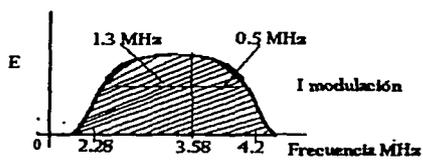


Figura 1.18 Espectro de la señal de video compuesto

### 1.3 ESTÁNDARES DE TELEVISIÓN.

#### 1.3.1.- Sistema de Televisión NTSC.

El sistema de televisión a color NTSC fue implementado en Estados Unidos por el National Television System Committee en 1953, este sistema se eligió entre varias propuestas que habían hecho algunos fabricantes de equipo. Se decidió por este porque cumple con el requisito de compatibilidad con la televisión en blanco y negro existente en ese entonces, que ya estaba muy extendida; por lo que establecer un sistema a color que no fuera compatible implicaba cambiar todos los receptores existentes, lo que no resultaba viable económicamente.

El sistema fue desarrollado partiendo de los principios de la televisión monocromática para que una transmisión en color pudiera ser vista en un receptor a blanco y negro; y una transmisión en blanco y negro en un receptor a color de forma automática sin ninguna interferencia.

Por la razón anterior el sistema NTSC tiene el mismo ancho de banda, mismos pulsos de sincronía y la misma frecuencia portadora de video y audio. Solo hubo que hacer pequeños cambios en las frecuencias de línea y de campo, además de agregar la señal que lleva la información del color, pero ocupando una parte de la banda utilizada por la señal monocroma, que en el sistema NTSC es llamada luminancia, como se ilustra en las figuras 1.19 y 1.20:

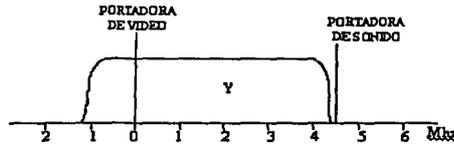


Fig. 1-19.- Espectro de un canal de televisión en blanco y negro

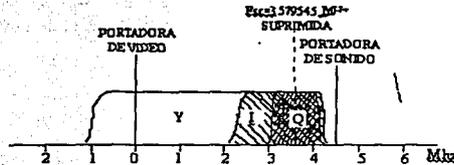


Fig. 1-20.- Espectro de un canal de televisión a color NTSC

La razón por la que es posible enviar la señal de color dentro del espacio ocupado por la luminancia, se debe a que el espectro de la luminancia no es continuo, sino que se encuentra distribuido en pequeños grupos alrededor de múltiplos de la frecuencia de líneas (15750 Hz), dejando espacios

vacíos entre éstos múltiplos, estos espacios vacíos son ocupados por la señal de color, que tampoco tiene un espectro continuo, como se ve en las figuras 1.16a y 1.16b.

El principio anterior es llamado de entrelazado, de esta manera es posible transmitir la información de brillo y color en el mismo canal.

La separación de las señales se realiza por medio de un filtro pasabanda\* en los receptores domésticos, lo que trae como consecuencia que no se realice de forma exacta porque siempre parte de la información de luminancia pasará a la señal de color y parte de la señal de color a la luminancia, pero por medio de ciertos artificios técnicos se logra que dichas interferencias no sean muy notorias para el ojo humano, como se explicará más adelante.

Los equipos profesionales y domésticos más recientes y costosos utilizan un filtro llamado peine o "comb filter" en inglés; que consiste en retrasar la señal de video completa (luminancia y croma) el tiempo que dura una línea de exploración (63.55  $\mu$ s), y posteriormente sumar y restar la señal de video original y la retrasada. Debido al principio de entrelazado, en el sumador ingresarán la luminancia original y retrasada en fase, por lo que el resultado será el doble de nivel de señal, en tanto que la croma ingresará desfasada 180° o invertida, por lo que en el sumador se anulará con la original, por lo que a la salida del circuito tendremos únicamente luminancia. Para obtener la señal de croma, en lugar de un sumador se utiliza un restador, con lo que el resultado es el mismo. Con el anterior método la separación entre luminancia y croma es casi total (en tv's recientes). Para poder aplicar el principio de entrelazado de señales de luminancia y croma tuvieron que hacerse ciertas modificaciones a la señal en blanco y negro, que antes de la televisión en color tenía los siguientes parámetros:

Número de líneas por campo (cuadro)	262.5 (525)
Frecuencia de campos (cuadros)	60 Hz (30 Hz)
Ancho de banda del canal de video	4 MHz
Transmisión de audio	FM
Portadora de sonido en relación a la portadora de video	4.5 MHz
Ancho de banda total del canal de televisión en blanco y negro	6 MHz

### Elección de la Frecuencia Portadora de Color en NTSC.

En el caso de la señal de luminancia, el mayor contenido de información se encuentra situado en la parte baja del espectro, por lo que resulta razonable ubicar la información de color en la parte alta del mismo, de esta forma, la interferencia inherente creada será menor. Sumado a lo anterior, la frecuencia portadora de color debe ser un múltiplo impar de la mitad de la frecuencia de líneas, para que se cumpla el principio de entrelazado de la figura 1.16b.

Una frecuencia que cumple con los dos puntos anteriores es:

$f_{sc} = 3.583125$  ; que se obtiene de multiplicar.

$f_{sc} = 455 * (1/2f) = 455 * 1/2 * 15750 = 3.583125$  MHz    donde:  $f$  = frecuencia de línea  
 $f_{sc}$  = frecuencia subportadora de color

En la ecuación anterior 455 es un múltiplo impar de la mitad de  $f$ , se eligió tal número para situar a la señal de croma en los espacios vacíos dejados por la luminancia y cumplir con el requisito de

ubicarla en la parte alta del espectro de la luminancia, tomando en cuenta que las componentes de la señal de croma tienen anchos de banda de ( Fig. 1.18 ):

$$\text{Señal I} = \pm 1.5 \text{ MHz.}$$

$$\text{Señal Q} = \pm 0.5 \text{ MHz.}$$

Con la ubicación de Fsc en este valor la componente I de croma se sale del espacio asignado a la señal de video completa y causa interferencia en el sonido, pero bajar de frecuencia esta información implica utilizar el espacio donde la señal de luminancia tiene mucho contenido, lo que aumenta la interferencia del color sobre ésta. Una solución de compromiso fue recortar la banda superior de la señal de color I, lo que ocasiona la pérdida de algunos detalles de color en la imagen y una pequeña interferencia en la señal Q. Esto resulta más aceptable que el aumento de interferencia sobre la luminancia.

El valor de Fsc = 3.583125 MHz resultó adecuado, pero al tomar en cuenta la información de sonido se notó que como el video y la interportadora de audio se obtienen en un mismo circuito, ocurría una mezcla o batido entre la portadora de sonido (4.5 MHz) y la portadora de croma, que tenía como consecuencia la aparición de un fino patrón de malla en la imagen, que al no ser armónico impar de la frecuencia de líneas no se invertía al pasar de una a otra, lo que resultaba muy molesto a la vista.

El problema se hubiera solucionado desplazando un poco la portadora de sonido, de modo que el producto de la mezcla resultante fuera un múltiplo impar de la mitad de la frecuencia de línea, con esto la señal de interferencia se invertiría de una línea a otra y no sería visible. Pero como el método de detección de interportadora de audio utiliza circuitos LC y transformadores con alta Q, un desplazamiento de tal frecuencia ocasionaría una distorsión inaceptable en el audio porque la sintonía de los circuitos en los receptores no sería la adecuada.

Para solucionar el problema se modificó un poco la portadora de croma a Fsc = 3.579545 MHz, y como consecuencia también cambiaron las frecuencias de línea y campo para mantener la relación necesaria en el entrelazado, quedando como sigue:

$$f = F_{sc} * (2/455) = 3579545 * (2/455) = 15734.264 \text{ Hz.}$$

$$f_{campo} = f / 262.5 = 59.940052 \text{ Hz} \sim 59.94 \text{ Hz}$$

$$f_{cuadro} = f / 525 = 29.970026 \text{ Hz} \sim 29.97 \text{ Hz}$$

Los cambios efectuados a las frecuencias de línea y campo no afectaron el funcionamiento de los receptores existentes, porque la desviación fue mínima y dentro de las tolerancias de operación.

Pero el beneficio fue grande porque así todas las interferencias que resultan inevitables fueron reducidas al mínimo y no visibles, además, se mantuvo la compatibilidad directa e inversa entre los dos sistemas. Los parámetros definitivos del sistema NTSC quedaron así:

Número de líneas por campo (cuadro)	262.5 (525)
Frecuencia de campos (cuadros)	59.94 Hz (29.97 Hz)
Ancho de banda de la luminancia	4.2 MHz
Portadora de sonido relativa a la portadora de video.	4.5 MHz
Transmisión de sonido	FM
Ancho de banda total del canal de televisión a color	6 MHz

En la figura 1.20 se representa el espectro de la señal NTSC con todos sus componentes.

La señal NTSC completa en el tiempo incluye los pulsos de sincronía horizontal, vertical y el Burst o ráfaga de subportadora de color, que se envía para sincronizar el oscilador local de Fsc en los receptores de TV.

### 1.3.2.- El Sistema de Televisión a Color PAL.

El sistema de televisión a color PAL (Phase Alternation Line) fue desarrollado en Hannover Alemania, por el Ingeniero Walter Bruch, que trabajaba para Telefunken. La primera demostración pública de este sistema fue hecha en 1963, tomándose tal fecha como el nacimiento oficial.

Dicho sistema basa su funcionamiento en el NTSC, por lo que el proceso de obtención de la imagen en blanco y negro (luminancia) es el mismo, de igual manera, la obtención de las señales diferencias de color (R-Y y B-Y) y la posterior modulación en cuadratura de los vectores de crominancia, por tal motivo no lo explicaremos aquí. Las principales diferencias con el sistema NTSC son las siguientes:

El vector de croma V (equivalente al vector I en NTSC) y el vector de croma U (equivalente al vector Q en NTSC), tienen ambos un ancho de banda de  $\pm 1$  MHz.

En el sistema PAL, la subportadora de color modula al vector V(R-Y) en fase y al vector U(B-Y) en cuadratura, es decir, desplazada  $90^\circ$ . No se utiliza el desplazamiento de los ejes de los vectores  $33^\circ$  como en NTSC.

La principal diferencia con el NTSC es que el vector V (R-Y) se invierte o se desfasa  $180^\circ$  en líneas alternadas, de ahí el nombre de Phase Alternation Line.

### Filosofía de Funcionamiento del PAL

El desarrollo del sistema PAL tuvo como objetivo corregir el principal defecto del sistema NTSC, consistente en que si ocurre un error de fase entre la portadora de color (Fsc) y el vector de crominancia completa, se traducirá en una variación del tono o tinte de la imagen, esto en la actualidad, con la evolución tecnológica en los equipos transmisores y receptores ya no es tan notable, pero al principio si por las variaciones en los circuitos sintonizados. Tomando en cuenta que en NTSC un desfase de  $5^\circ$  entre la subportadora y el vector croma es notable y uno de  $10^\circ$  es ya inaceptable.

Los errores de fase pueden ocurrir por dos razones:

Error de sincronización del oscilador de subportadora en el receptor de televisión.

Error de fase diferencial, ocurrido en alguna parte del proceso de transmisión, ocasionado por corrimientos de fase que afectan de manera diferente al Burst o ráfaga de color y al vector de crominancia.

El principio de corrección de estos errores por la inversión de fase es el siguiente; si en el transmisor se envía un vector de crominancia Cr como resultado de los vectores surgidos de R-Y y B-Y (Figura 1.23a), y si durante el proceso de transmisión o recepción ocurre un desfaseamiento, en el receptor

tendremos un vector  $Cr^*$  (Figura 1.23b) con una diferencia de  $\theta$  grados respecto al vector original  $Cr$ . En la siguiente línea se enviaría un vector parecido pero con la componente en R-Y invertida (llamado  $Cr+1$ ) y en el receptor tendríamos un vector  $Cr+1^*$  con la misma diferencia de  $\theta$  grados respecto a  $Cr+1$ . Como en el receptor el vector  $Cr+1^*$  se invierte para poderlo demodular, quedaría como  $-Cr+1$  en la figura 1.23b, con lo que al sumarlo con el vector  $Cr^*$  nos da un vector con un módulo un poco menor a  $2Cr$  pero con la misma fase que los vectores originales  $Cr$  y  $Cr+1$ , lo que significa que el error de fase entre el vector enviado y el recibido se cancela automáticamente. Es así como en los receptores de señales de televisión PAL no es necesario el control de Hue o Tono para corregir manualmente las variaciones de tinte en la imagen, tal como se debe hacer en los receptores a color en NTSC.

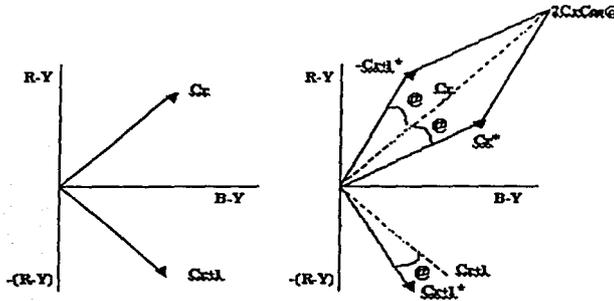


Figura 1-23a.- Vectores de crominancia enviados.      Figura 1-23b.- Vectores de crominancia recibidos y procesados.

Como vimos en el párrafo pasado, si existe diferencia de fase entre el vector crominancia enviado y el recibido ( en relación a la subportadora de color), el resultado de la suma del vector  $Cr^*$  ( $-Cr+1^*$ ) no es igual a  $2Cr$ , sino que disminuye un poco, lo que se traduce en el nivel de saturación de color en la imagen, el valor exacto será  $2Cr \cos \theta$ , lo que nos dice que al aumentar  $\theta$  el color en la escena disminuirá, pero no variará el tono o tinte. Por depender la variación del color de la función  $\cos \theta$ , para variaciones de  $\theta$  iguales en NTSC y PAL, en PAL es mucho menos notorio que en NTSC, por ejemplo, una variación de  $10^\circ$  en NTSC resulta inaceptable por el cambio de tinte en la imagen, en tanto que en PAL produce una disminución de apenas 1.5% en el nivel de color, resultando imperceptible al televidente.

En el ejemplo explicativo de las figuras 1.23a y 1.23b estamos literalmente sumando los vectores de crominancia de dos líneas consecutivas, lo que no ocurre en algunos receptores. Para recibir la señal PAL hay dos tipos de receptores: El primero es el receptor PAL-S (PAL-Simple) , que realiza la corrección de la siguiente manera; si se recibe una línea de video con el vector de croma original amarillo, y por el desfaseamiento tiene un color amarillo-verdoso, en la siguiente línea este vector de color amarillo, por la inversión que sufre la componente R-Y tendrá un color amarillo-rojizo. Estos colores distorsionados se presentarán así en el receptor PAL-S, pero por ser las variaciones de tinte complementarias, al pasar de una línea a la siguiente el ojo humano las "integra" o promedia, con lo que "veríamos" el amarillo normal, pero un poco desaturado. El principio de operación del receptor PAL-S trae algunas imperfecciones en la presentación de la imagen, como el que si el espectador se

sitúa muy cerca de la pantalla, la diferencia entre líneas consecutivas será perceptible, por lo que hay que mantener una distancia mínima para que el espectador "integre" estas diferencias, otro defecto consiste en que a causa de la misma diferencia, por el efecto de entrelazado de las señales se crea el efecto de franjas de color que van subiendo en la pantalla.

Por los defectos anteriores, el receptor PAL-S no se utiliza comercialmente a nivel doméstico, sino que se diseñó otro tipo de receptor llamado PAL-D (PAL-Delay), en este tipo de receptor el vector de crominancia se retrasa una línea horizontal, para después pasarse por un circuito sumador y un circuito restador, en los que ingresa también la línea siguiente. En los circuitos anteriores si se suma efectivamente el vector  $Cr'$  y  $Cr+1'$ , con lo que el vector que ingresará a los demoduladores si será  $2Cr \cos @$ , así, en la pantalla se presentará solo la variación en el nivel de color, sin los defectos del receptor PAL-S.

### Elección de la Fsc en el Sistema PAL

El valor de Fsc en PAL se eligió tomando las mismas consideraciones que en el sistema NTSC, lo que dio como resultado:

$$F_{sc} = (N - \frac{1}{4}) f_l + f_v$$

Donde  $N=284$ , es un número que cumple con los mismos requisitos que  $N=455$  en NTSC,  $\frac{1}{4}$  se introduce para que el patrón de interferencia ocasionado en la luminancia no sea continuo y así pase desapercibido al espectador.

$f_l = 15625$  Es la frecuencia de líneas horizontales.

$f_v = 25$  Es la frecuencia de cuadros

Por lo tanto tenemos:

$$F_{sc} = (284 - \frac{1}{4})(15625) + 25 = 4.43361875 \text{ MHz.}$$

La señal de Burst o ráfaga de color en PAL se envía de la misma forma que en NTSC, para que el receptor se sincronice, pero además en PAL el Burst se modula con una señal que servirá para que el receptor identifique en que línea viene el vector con la fase correcta y en cuál viene con la fase invertida.

### 1.3.3.- El sistema de televisión a color SECAM

El sistema SECAM ( SECuencial A Memoire ), fue desarrollado en Francia por Henri de France, quien lo patentó en 1958. De nueva cuenta, surgió como una mejora del sistema NTSC para evitar los problemas ocasionados por la diferencia de fase entre la subportadora de color y el vector de crominancia. Por lo que se toman en consideración los mismos principios de la colorimetría, así como la obtención de la señal de luminancia y las diferencias de color, es decir, el video se codifica en componentes como en NTSC/PAL, los cuales son llamados:

$$\begin{aligned} Y &= \text{Luminancia} \\ Dr &= 1.9(ER - EY) \\ Db &= 1.5(EB - EY) \end{aligned}$$

Hasta este punto el funcionamiento de los circuitos es parecido al NTSC y PAL. La diferencia fundamental con estos es que en SECAM la señal de croma tiene solo una componente (DR o DB) , alternándose éstos línea a línea. Por lo que no es necesaria la modulación en cuadratura, como en los

anteriores sistemas, debido a esto en el receptor no es necesaria la generación y sincronización de una subportadora, pero si se necesita una línea de retardo para tener la señal de color de una línea horizontal y la anterior para que los demoduladores no se queden sin esta información; también se necesita una señal que indique al circuito conmutador de las líneas actual y retardada cuál es la que debe dejar pasar, este principio se ilustra en la figura 1.24.

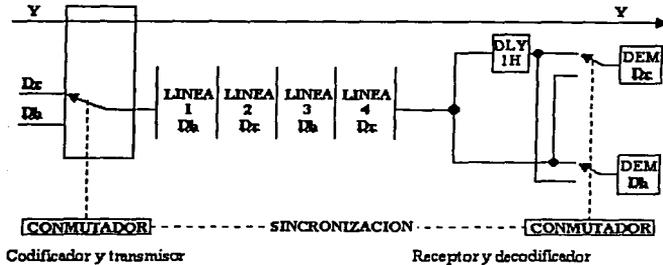


Figura 1-24.- Principio de funcionamiento del sistema SECAM.

Otra diferencia es que en SECAM el vector de crominancia se envía como señal modulada en frecuencia y no en amplitud, como en NTSC y PAL, por lo que se utilizan los recursos de preénfasis y deénfasis característicos de esta forma de modulación para aumentar la relación señal a ruido.

Como es uno solo el circuito procesador de color, tanto en el emisor como en el receptor, el ancho de banda de  $D_r$  y  $D_b$  tiene que ser el mismo y está establecido en 1.5 MHz. Esta forma de manejo de la señal de color simplifica mucho los circuitos de croma y evita el problema de la interferencia entre los vectores I y Q como en los sistemas estudiados antes.

El "precio" que se paga por estas ventajas es una disminución en la resolución cromática vertical a causa de que se repite la información de un componente de color de la línea precedente. Un defecto que tiene relación con el anterior consiste en que si la imagen tiene varias franjas horizontales de color diferente, se presenta un "batido" o mezcla entre líneas adyacentes que resulta desagradable si el cambio de color es pronunciado.

La señal de luminancia se transmite de la misma manera que en NTSC/PAL.

Tanto en el codificador como en el receptor se necesita un circuito que controle al conmutador de señales normal y retardada, la señal que le da a éste circuito la información acerca de que señal dejar pasar se envía durante las primeras líneas de cada campo en forma de ráfagas de la portadora de crominancia, que se modula en FM con solo dos valores posibles, alternándose estos en cada línea horizontal. Al pasar éstas frecuencias a los demoduladores de croma se obtendrán los siguientes valores:

- $>0$  volts, para un valor ( $D_R$  por ejemplo)
- $<0$  volts, para el otro valor ( $D_B$  en el ejemplo)
- $=0$  volts, en caso de que la imagen a transmitir sea en blanco y negro.

Los valores enviados generarán una señal cuadrada que cambiará de alto a bajo con cada cambio de línea horizontal, después de que ya no se envía esta señal de sincronización (cuando ya se transmite

imagen) el circuito ya sincronizado conmutará línea a línea utilizando la señal de sincronismo horizontal.

Si la señal transmitida es en blanco y negro, la ráfaga de portadora de croma tendrá el valor libre, sin señal moduladora, lo que en los demoduladores de color dará una salida de cero volts, esto se utilizará como una señal de "color killer" parecida a la señal de NTSC, que bloqueará los circuitos de proceso de color para que no generen interferencia.

## La Frecuencia Subportadora en SECAM

En el sistema SECAM, la frecuencia subportadora se estableció en  $4.4375 \text{ MHz} \pm 2 \text{ KHz}$ , que es la frecuencia portadora de croma a modular en FM. El oscilador solo funciona en el codificador-transmisor, porque en el receptor no es necesario, sin embargo, sí se envía una ráfaga durante los últimos  $4.8 \mu\text{s}$  del borrado horizontal, la razón de enviar esta muestra no es para "amarrar" un oscilador, sino para que los limitadores y demoduladores de FM establezcan un nivel de referencia de DC de las señales de diferencia de color (clamp) y se evite la variación de niveles al principio de cada línea de barrido horizontal.

La modulación de la señal de color en FM produce interferencias en la señal de luminancia porque también comparten una parte de la banda de video, como se observa en la figura 1.25.



Figura 1-25.- Espectro de banda de un canal de televisión SECAM.

Para lograr que la interferencia en la imagen se reduzca a un nivel no detectable por el espectador, la señal FM se invierte en polaridad, tanto en líneas consecutivas como en campos, de esta forma, la interferencia resultante genera en la pantalla un fino patrón de puntos negros y blancos alternados entre líneas y campos que el espectador "integra" o promedia, resultando invisibles.

Por último, diremos que a partir de la presentación oficial del SECAM, surgieron versiones que mejoraron ciertos aspectos, la versión descrita es la SECAM III, que es la más utilizada a nivel comercial, por lo que solo analizamos esta.

## CAPITULO II.

## FUENTES DE VIDEO Y AUDIO.

Existen muchos usos para lo que es audio y video, pero se va a considerar el propósito específico de cada una. Video proviene del latín que significa "Yo veo". Lo mismo para audio que significa "Yo oigo". Los dos términos corresponden a - video a luz, y audio a sonido. Dicha comparación se puede ver en la siguiente figura (Fig. 2-1a). En el caso familiar de un sistema de audio, tal como se muestra en la figura (fig. 2-1b), el micrófono convierte las ondas de sonido en sus correspondientes variaciones eléctricas para la señal de audio. La bocina recibe esta señal de audio en sus terminales de entrada y de esta manera reproduce el sonido original.

En la misma figura 2-1 el sensor de la cámara convierte los haces de luz en su correspondiente equivalente eléctrico para la señal de video. El sensor de la cámara es para el video, lo que para el audio el micrófono. Finalmente en la parte final de un sistema de video son convertidos los equivalentes eléctricos nuevamente en haces de luz, esto mediante un tubo de imagen( monitor) para poder ver la escena como es captada por la cámara.

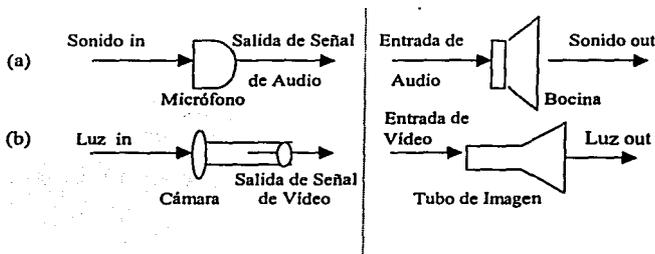


Figura 2-1.- Señales de Audio y Video (a) Señal de Audio para Sonido, (b) Señal de Video para Imagen.

En video, una imagen es convertida en una señal eléctrica solo una pequeña área en un tiempo. Después la señal de video producida por la cámara consiste en una variación secuencial en el tiempo para diferentes áreas. Por esta razón, un proceso de escaneo es necesario para obtener la conversión total de la imagen punto por punto. Dicho escaneo se lleva acabo de izquierda a derecha y línea por línea, desde la parte superior hasta la parte inferior de la imagen. El escaneo es sumamente rápido; una línea horizontal toma solamente 63.5 us. Esto por las rápidas variaciones, ya que, las señales de video tienen altas frecuencias, aproximadamente 4 MHz.

Además, el proceso de escaneo requiere de pulsos de sincronización, esto para la cámara y el monitor.

Tanto para señales de video como de audio, el rango en el que varían sus frecuencias es llamado *ancho de banda*. Estas son las frecuencias correspondientes para audio y video. Estas señales sin procesar se dice que están en *banda base*.

\* Bandabase se refiere al hecho de que se trata con señales sin procesar generalmente sin modular.

En sistemas de audio, las frecuencias en bandabase van de 20 a 20000 Hz; aunque 50 a 15000 Hz es utilizado por la televisión.

En sistemas de video, las frecuencias en bandabase se encuentran en un rango de 0 Hz para corriente directa, hasta arriba de 4 MHz.

La señal de audio en bandabase puede ser conectada a una bocina para poder ser reproducida. De la misma manera la señal de video en base banda puede alimentar un monitor para ser reproducida la imagen deseada.

### 2.1 Cámaras.

Los dispositivos de captación de la cámara han evolucionado notablemente desde los inicios de la exploración mecánica con el disco de Nipkov. El cual empleaba un disco giratorio que tenía orificios en espiral, que comenzaban desde el borde hasta el centro del mismo, para explorar los elementos de la imagen. Los primeros dispositivos de captación totalmente eléctricos fueron el disector de imagen y el iconoscopio perfeccionándose hasta llegar a los tubos de cámara que se mencionarán a continuación.

Uno de estos dispositivos fue el orticón de imagen creado en 1945, posee una alta sensibilidad con respecto a sus antecesores, pero es relativamente grande y costoso por su compleja estructura.

#### 2.1.1. Cámara de video de Tubos.

La señal de video de la imagen se origina en la cámara. La imagen es enfocada sobre una placa sensible a la luz, llamada placa de blanco o placa de imagen contenida en el tubo de cámara. Por medio del efecto fotoeléctrico, las variaciones de luz son convertidas en señales eléctricas.

La conversión de toda el área de la imagen en señal de video se efectúa por el proceso de exploración. El haz electrónico explora en el tubo de cámara cada elemento de la imagen de izquierda a derecha en cada línea horizontal, línea por línea de arriba abajo. Cuando la exploración se realiza en este orden secuencial, son convertidos los valores de iluminación de cada punto de la imagen en la salida de señal. Este sistema es básicamente el mismo para la TV en color y la monocromática o blanco y negro. Para la TV en color, son producidas señales separadas para el rojo, el verde y el azul para la información de imagen.

#### Vidicón.

En este tubo de cámara la placa de blanco fotosensible, o placa de imagen, es de trisulfuro de antimonio.

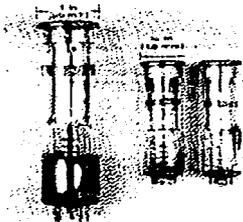


Figura 2-2.- Vidicón.

El vidicón consiste en una envolvente de vidrio con una placa frontal ópticamente plana en el extremo para recibir la entrada de luz. En la superficie posterior o dorso de la placa frontal, colocada dentro de la envolvente (que se encuentra al vacío), está el material fotosensible que sirve de placa de blanco, o placa de imagen. La placa tiene dos capas, La anterior o frontal, frente a la luz, es un delgado revestimiento transparente a la luz, pero eléctricamente conductor.

Esta capa es de óxido de estaño (SnO). La conexión eléctrica a esta capa está constituida por un anillo metálico, o anillo de blanco, que rodea al tubo. Este anillo de blanco es la terminal de salida de la señal.

El dorso de la placa de blanco, que queda enfrente del cañón electrónico, tiene un revestimiento de material fotosensible, usualmente de trisulfuro de antimonio. Esta capa es fotoconductor. Su resistencia disminuye con el aumento de la iluminación. Por lo tanto, las variaciones de la intensidad de la luz se pueden convertir en variaciones eléctricas.

La escena es enfocada por un lente óptico incorporado en la placa de blanco del vidicón. La luz pasa a través de la placa frontal de vidrio y la superficie interna conductora, hasta la placa de imagen fotoconductor que es explorada por el haz electrónico. La señal de cámara resultante se toma del anillo de blanco. Los vidicones se fabrican en tres tamaños, de acuerdo con el diámetro de la cara frontal: 1.2 pulgadas, 1 pulgada y 2/3 de pulgada. La longitud es de 5 a 8 pulgadas.

El principio de operación del Vidicón es el siguiente.

El cátodo es calentado por emisión termoiónica y es donde se originan electrones, estos electrones son atraídos a la placa de blanco por la rejilla aceleradora positiva G2 (a 300 V). La rejilla G1 es de control, y controla la carga espacial continua al cátodo. Esta rejilla G1 está a -30 V con respecto al cátodo, el cual está a tierra. Esta diferencia de potencial controla la densidad de los electrones, es decir la intensidad de corriente del haz. La rejilla G3 es de enfoque y está a 260 V. Después de la rejilla G3 hay una malla que forma parte de la rejilla G4, ésta se encuentra cerca de la placa de blanco.

El cañón tiene unas lentes electrostáticas y una bobina externa para el enfoque magnético, estos elementos tienen la función de hacer converger a los electrones en un haz estrecho. La rejilla de enfoque G3 (a 260 V), es menos positiva que la rejilla aceleradora (a 300 V). Esto origina una desaceleración de los electrones, el retardo de los electrones hace que converjan en el centro del haz. Se puede ajustar la corriente en la bobina de enfoque magnético, ésta bobina rodea a las bobinas de deflexión en el yugo, el cual rodea al tubo.

Para explorar la imagen, se hace que los electrones del haz se muevan transversalmente a la misma frecuencia horizontal de líneas, y verticalmente a la frecuencia de repetición de campo por la corriente de las bobinas de deflexión. Se emplean dos bobinas para la deflexión Horizontal y dos bobinas para la deflexión Vertical y están devanadas en forma de silla de montar en el yugo, para que se adapten al tubo de vidrio.

El haz electrónico se mueve perpendicularmente a la dirección del campo magnético (por ello las bobinas de deflexión Horizontal están situadas por arriba y por abajo del tubo), este campo magnético está en el plano vertical para desviar el haz horizontalmente. Similarmente sucede con las bobinas de deflexión vertical, pero en este caso el haz se desvía verticalmente (por ello las bobinas de deflexión vertical se sitúan en ambos lados del tubo).

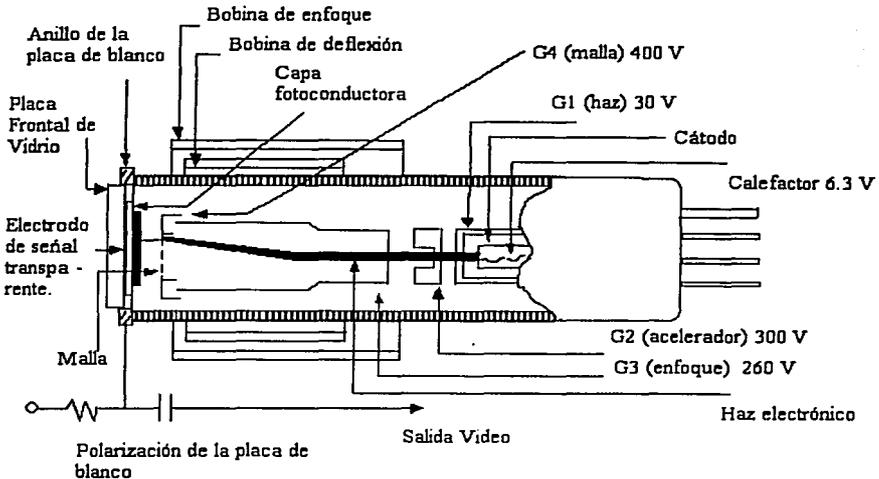


Figura 2-3.- Construcción Interna del Tubo de Cámara Vidrión.

En la parte anterior de la rejilla G3, cerca de la placa de blanco, la malla de hilo de G4 sirve como boca del cañón electrónico. La rejilla G4 es un disco de malla de hilo muy fino. Su potencial es 400 V con respecto al cátodo, pero la placa de blanco está a un potencial mucho más bajo (normalmente 50 Volts). Por lo tanto, la placa de blanco es negativa con respecto a G4. Esto origina que los electrones son retardados y el haz llega a la placa de blanco con una velocidad muy baja.

También, el campo eléctrico entre la placa de blanco y la malla de hilo es perpendicular a la superficie del blanco. Como consecuencia, los electrones se aproximan perpendicularmente a esta placa en todos los puntos de la superficie, tanto en el centro como en las esquinas y en los bordes de la placa de imagen. La trayectoria perpendicular de descarga del haz permite que el enfoque sea más uniforme en todos los puntos de la superficie. Otra ventaja de la baja velocidad del haz de exploración es la ausencia de emisión secundaria de los electrones desde la placa de blanco, que pudieran interferir con el efecto fotoconductor para la imagen.

La capa de trisulfuro de antimonio es semiconductor y sensible a la luz. Esta capa se comporta como un aislante a temperaturas muy bajas y sin entrada de luz, en la estructura de esta capa semiconductor hay muy pocos electrones libres, pero la absorción de luz eleva los niveles de energía de los átomos en la estructura cristalina. En consecuencia, la energía de los electrones es elevada hasta el nivel de conducción y los electrones pueden emigrar libremente hasta la capa positiva de óxido de estaño. Esta acción hace que la carga se desplace desde la cara anterior hasta la posterior de la placa de imagen o blanco. La carga positiva está en la superficie enfrentada con el cañón electrónico.

La placa de blanco tiene una imagen de carga que corresponde a la imagen óptica. Las partes blancas de la imagen son las más positivas. El desplazamiento de carga no forma una corriente de

señal hasta que el haz electrónico recorre o barre cada elemento de la imagen. El haz de baja energía deposita justamente los electrones suficientes en la placa de blanco para descargar cada punto hasta que su potencial sea nulo. Esta corriente de descarga, tomada en la conexión del anillo de blanco, es la corriente de señal que provee la señal de cámara.

Como se observa en la figura, la corriente de descarga para la salida de la señal de cámara fluye en un circuito serie que incluye la placa de blanco, la resistencia de carga externa  $R_L$ , la fuente de alimentación de la placa de blanco, el cátodo que está al potencial de tierra y el propio haz electrónico. En este circuito la placa de blanco actúa como resistencia variable. Su resistencia  $R$  varía entre  $20\text{ M}\Omega$  sin iluminación y  $2\text{ M}\Omega$  con iluminación intensa.

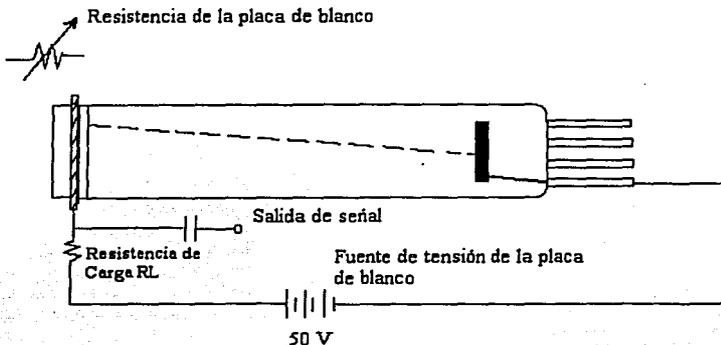


Figura 2-4 (a) Corriente de señal generada en el Vidicon para la salida de la señal de la cámara.

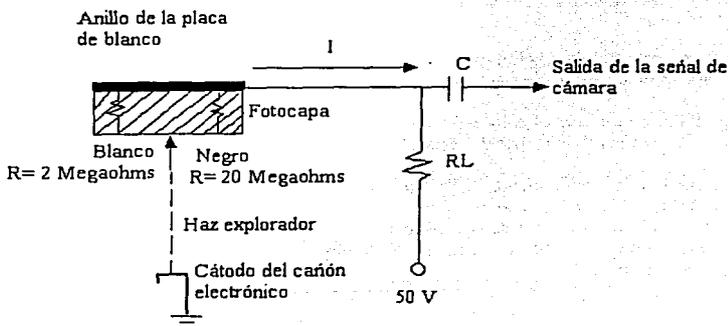


Figura 2-5 (b) Corriente de señal generada en el Vidicon para la salida de la señal de la cámara.

Las desventajas de este tipo de tubo de cámara es que presenta el fenómeno de retardo de la imagen, y presenta una alta corriente oscura la cual aumenta conforme se incrementa la temperatura. La corriente oscura, es la corriente con entrada nula de luz cuando la lente está tapada. Es decir se trata de una corriente en la capa de la placa de blanco cuando hay ausencia total de luz. Esta corriente es similar a la corriente de fuga de los semiconductores. La corriente oscura forma el nivel más bajo en la excursión total de la señal cuando la cámara está en uso, éste nivel es sustraído de la señal de salida total.

El retardo de la imagen consiste en que, la migración de los electrones libres como portadores de carga en la placa de imagen sensible a la luz es variable, depende del espesor de dicha placa, de la estructura cristalina y de la tensión. En tensiones altas de la placa, una fracción de los portadores de carga liberados por la luz puede llegar demasiado tarde a la capa de óxido de estaño. Este efecto produce un lento desvanecimiento de la imagen, en algunos casos la imagen es retenida en la pantalla durante algunos segundos después de que la cámara es enfocada a una nueva escena.

### **Plumbicón.**

Este nombre es una marca de Philips. Este tubo es similar al Vidicón, pero su placa de imagen es de óxido de plomo (PbO). Tiene mejor sensibilidad para la luz azul que para la roja.

Este tubo de cámara es análogo al vidicón, pero su placa de blanco tiene distinta construcción. Se compone de una película conductora transparente de óxido de estaño en la cara interior del vidrio. Sobre ésta película hay una capa de óxido de plomo (PbO) que ha sido dopada con impurezas de la misma manera que el silicio se dopa, para formar uniones PN. La zona N es la más próxima a la placa frontal, la zona central no está dopada y forma una capa intrínseca (I) y la capa más próxima al cañón electrónico está dopada para formar la capa P. La unión PIN que resulta, actúa de una manera muy parecida a la de un diodo semiconductor. El gradiente de tensión del campo creado en la capa intrínseca es muy elevado, por lo que todos los portadores de carga desprendidos debido a la absorción de la luz son barridos transversalmente en la placa de blanco para establecer la figura de carga de imagen frente al cañón. Debido a ello, el mecanismo que produce retardo en el vidicón no existe en el plumbicón. Prácticamente este tipo de tubo tiene menor retardo que todos los tubos de cámara.

También la corriente oscura es extremadamente baja y prácticamente no es afectada por la temperatura.

La sensibilidad espectral del plumbicón es similar a la de la visión humana, por ello se emplea para la emisión de televisión y otras operaciones de alta calidad en el estudio de T.V.

Una desventaja del plumbicón es el color naranja del propio material de la placa de blanco. Refleja hasta la placa frontal la luz de esta parte del espectro.

También, la luz que incide oblicuamente es reflejada desde la placa frontal hasta la placa de blanco para formar un halo, también llamado fulguración de la imagen óptica, haciendo necesario un dispositivo antihalo, el cual consiste de un disco de vidrio con un revestimiento negro sobre su circunferencia, que tiene por objeto que la luz reflejada desde la placa de blanco sea absorbida por las paredes del disco antihalo.

### **Saticón.**

Este nombre es una marca de Hitachi Ltd. Su placa de imagen es de selenio, arsénico y telurio. Las tres primeras letras de la palabra saticón, son los materiales que contiene su placa de blanco.

Las desventajas de este tipo de tubo de cámara es que presenta el fenómeno de retardo de la imagen, y presenta una alta corriente oscura la cual aumenta conforme se incrementa la temperatura. La corriente oscura, es la corriente con entrada nula de luz cuando la lente está tapada. Es decir se trata de una corriente en la capa de la placa de blanco cuando hay ausencia total de luz. Esta corriente es similar a la corriente de fuga de los semiconductores. La corriente oscura forma el nivel más bajo en la excursión total de la señal cuando la cámara está en uso, éste nivel es sustraído de la señal de salida total.

El retardo de la imagen consiste en que, la migración de los electrones libres como portadores de carga en la placa de imagen sensible a la luz es variable, depende del espesor de dicha placa, de la estructura cristalina y de la tensión. En tensiones altas de la placa, una fracción de los portadores de carga liberados por la luz puede llegar demasiado tarde a la capa de óxido de estaño. Este efecto produce un lento desvanecimiento de la imagen, en algunos casos la imagen es retenida en la pantalla durante algunos segundos después de que la cámara es enfocada a una nueva escena.

### **Plumbicón.**

Este nombre es una marca de Philips. Este tubo es similar al Vidicón, pero su placa de imagen es de óxido de plomo (PbO). Tiene mejor sensibilidad para la luz azul que para la roja.

Este tubo de cámara es análogo al vidicón, pero su placa de blanco tiene distinta construcción. Se compone de una película conductora transparente de óxido de estaño en la cara interior del vidrio. Sobre ésta película hay una capa de óxido de plomo (PbO) que ha sido dopada con impurezas de la misma manera que el silicio se dopa, para formar uniones PN. La zona N es la más próxima a la placa frontal, la zona central no está dopada y forma una capa intrínseca (I) y la capa más próxima al cañón electrónico está dopada para formar la capa P. La unión PIN que resulta, actúa de una manera muy parecida a la de un diodo semiconductor. El gradiente de tensión del campo creado en la capa intrínseca es muy elevado, por lo que todos los portadores de carga desprendidos debido a la absorción de la luz son barridos transversalmente en la placa de blanco para establecer la figura de carga de imagen frente al cañón. Debido a ello, el mecanismo que produce retardo en el vidicón no existe en el plumbicón. Prácticamente este tipo de tubo tiene menor retardo que todos los tubos de cámara.

También la corriente oscura es extremadamente baja y prácticamente no es afectada por la temperatura.

La sensibilidad espectral del plumbicón es similar a la de la visión humana, por ello se emplea para la emisión de televisión y otras operaciones de alta calidad en el estudio de T.V.

Una desventaja del plumbicón es el color naranja del propio material de la placa de blanco. Refleja hasta la placa frontal la luz de esta parte del espectro.

También, la luz que incide oblicuamente es reflejada desde la placa frontal hasta la placa de blanco para formar un halo, también llamado fulguración de la imagen óptica, haciendo necesario un dispositivo antihalo, el cual consiste en un disco de vidrio con un revestimiento negro sobre su circunferencia, que tiene por objeto que la luz reflejada desde la placa de blanco sea absorbida por las paredes del disco antihalo.

### **Saticón.**

Este nombre es una marca de Hitachi Ltd. Su placa de imagen es de selenio, arsénico y telurio. Las tres primeras letras de la palabra saticón, son los materiales que contiene su placa de blanco.

El selenio es conocido desde hace mucho tiempo por sus propiedades fotoeléctricas y fue uno de los primeros elementos químicos empleado en los tubos de cámara, pero estos tubos tenían el defecto de inestabilidad química y cristalización.

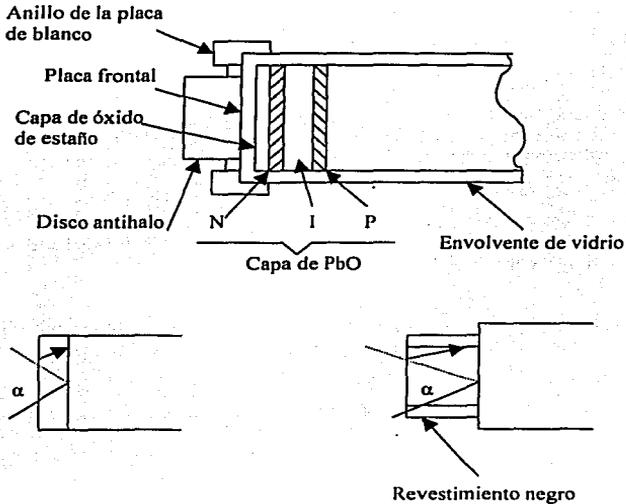


Figura 2-6.- Estructura del Plumbicón.

El saticón utiliza arsénico como agente impurificador o de dopado, el cual produce una estabilidad prolongada y evita la cristalización. Además, la capa de la placa de blanco está dopada con telurio con una estrecha banda próxima a la placa frontal para aumentar la sensibilidad al rojo profundo (larga longitud de onda) del espectro visible.

La estructura básica de la placa de blanco se muestra en la figura 2-7.

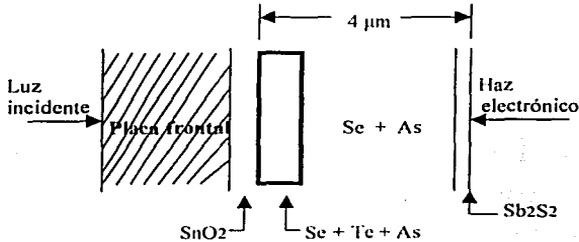


Figura 2-7.- Estructura básica de la placa de blanco.

Una capa de óxido de estaño transparente forma la terminal de la placa de blanco. Para suprimir la emisión de electrones secundarios es aplicada una placa delgada de trisulfuro de antimonio en la cara de la placa de blanco enfrentada con el cañón.

Una ventaja del satición es que el material casi negro de la placa de blanco refleja poca luz, lo que da lugar a muy poca dispersión de la luz dentro del material. Este factor contribuye a reducir la fulguración y mejora la resolución. Aunque la corriente oscura varía con la temperatura, es tan pequeña que su efecto es despreciable.

El satición presenta retardo de imagen. Un método de minimizar el retardo de imagen en el satición es mantener constante una mínima iluminación para la polarización en la placa de blanco. Esta luz asegura que haya suficiente corriente de señal para permitir una carga y descarga rápida de la capacidad de la capa.

#### Vidicón de Silicio.

La placa de imagen de este tubo utiliza una unión de semiconductor de silicio. Posee una alta sensibilidad para las aplicaciones donde la iluminación es escasa.

#### Chalnición.

El Chalnición es el nombre de una marca de Toshiba Electric Co. Ltd. Su placa de blanco contiene varias capas de óxido de estaño, seleniuro de cadmio y trisulfuro de arsénico, posee una alta sensibilidad.

Todos estos tubos de cámara se construyen análogamente al vidicón, pero utilizan en su placa de imagen distintos tipos de materiales con el objetivo de obtener buenas características fotoeléctricas, ya que se requiere una alta sensibilidad para que se necesite menos luz para la señal de cámara.

A continuación la figura 2-8 muestra la respuesta en frecuencia de los distintos tubos.

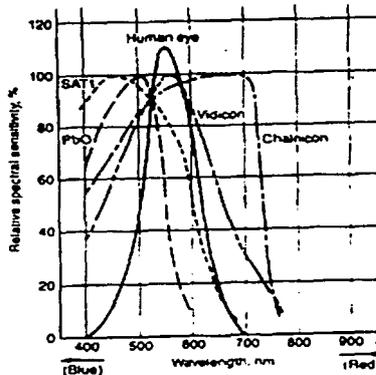


Figura 2-8.- Respuesta en Frecuencia.

### 2.1.2 Cámaras de vídeo con dispositivo CCD

El Charge-couple device (CCD) es la principal parte de la cámara, este dispositivo de estado sólido trabaja junto a otros circuitos necesarios para escanear y procesar la señal de vídeo. Típicamente estos dispositivos son de 1/3 in, 1/4, ó 2/3 in.

En comparación con los tubos los CCDs tienen un menor costo, son más pequeños, más ligeros, trabajan a bajos voltajes, consumen menos potencia, y trabajan por un largo tiempo.

Debido a que en un inicio las cámaras de televisión eran de tubos, no podían ser utilizadas en estudios con mucha luz o al aire libre, además de ser de un tamaño grande. Con el desarrollo de transistores de estado sólido y circuitos integrados, las cámaras han llegado a ser mas pequeñas y ligeras. Al mismo tiempo en algunas cámaras se ha integrado la etapa de grabación en la misma, esto por las ventajas del tamaño de los nuevos componentes.

Las videocámaras caseras generalmente utilizan un único CCD, en comparación con las cámaras que se utilizan en la industria que utilizan hasta tres CCD (tres Chips) .

La función de los sensores CCD's está dada por una columna cuadrículada compuesta por fotodiodos muy pequeños. El numero total de fotodiodos en el arreglo es aproximadamente de 470,000 para un sensor de 1/2 pulgada. Cada uno de estos diodos es un semiconductor sensitivo a la luz. Los diodos emiten fotoelectrones proporcionalmente a la cantidad de luz que sea sensada. Cuando una imagen es enfocada por el arreglo de diodos, dichos diodos producen una imagen de carga que corresponde a la imagen captada.

Cada diodo sirve a un elemento de la imagen o pixel. Para esto es requerido una operación de transferencia, esto con el fin de llevar señal a la salida para todos los pixeles. Este proceso corresponde a escanear la imagen por un haz electrónico en un tubo de imagen.

Con un mayor número de pixeles se pueden obtener resultados de una mejor resolución en la imagen. La resolución es medida contando el número de pixeles activos dentro del área del CCD.

Cuando un sensor tal como un CCD es utilizado en una cámara a color, se requiere una gran cantidad de pixeles para obtener una imagen de gran calidad, El número efectivo de pixeles se encuentra al multiplicar 512 x 492; de esta manera el número efectivo de pixeles es de 251,904. De esta manera podemos decir que el número aproximado de pixeles de este dispositivo CCD es aproximadamente de 252,000.

En la figura 2-9 se muestra un sensor de imagen CCD de 1/3 de in.

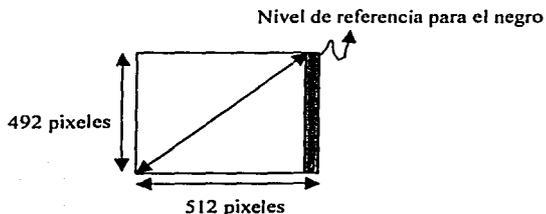


Figura 2-9.- El área blanca determina el número de pixeles activos.

En comparación con la figura anterior una cámara de televisión tiene más de 1000 pixeles de manera horizontal y más de 500 pixeles de manera vertical, para tener una resolución de aproximadamente medio millón de pixeles.

En la figura 2-10 se puede ver un pixel y su región contigua. El área PD representa un fotodiodo. El sensor funciona de la siguiente manera, cuando la luz incide en el PD, se genera una carga proporcional a la cantidad de luz recibida. En la figura podemos observar, que el fotodiodo está rodeado por tres de sus lados con "Channel stoppers" o tapones de canal (CS). Los bloques CS se encuentra colocados de esta manera para que la carga generada por el PD se mueva solo en una dirección. Cuando la compuerta G se abre, esto durante el tiempo de borrado vertical, la carga se mueve hacia la izquierda al VCCD.

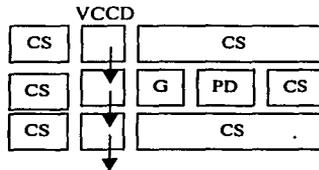


Figura 2-10.- Estructura de un CCD.

De esta manera, en la figura anterior podemos observar los tres pasos que se llevan a cabo para la representación de la imagen:

1. Conversión fotoeléctrica (Se genera una carga eléctrica usando luz).
2. Almacenaje de la carga (Se almacena carga eléctrica).
3. Operación de transferencia (Se transfiere una carga eléctrica).

En la siguiente figura 2-11 se puede observar una estructura de un sensor CCD. Ahí se muestran columnas PD's alternando con VCCD's, asumiendo que entre cada fotodiodo y registro vertical existe una compuerta tal como se muestra en la figura 2-10. Puesto que cada fotodiodo representa un pixel el sensor estará constituido por miles de fotodiodos para cada columna vertical y cada fila horizontal.

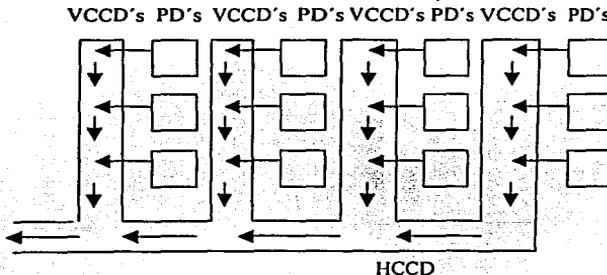


Figura 2-11.- Estructura de un CCD.

En la figura anterior, observamos que el proceso de transferencia de la imagen comienza cuando la imagen está siendo enfocada por la matriz completa de fotodiodos. Cada fotodiodo comienza a cargarse proporcionalmente según la cantidad de luz que capta cada uno.

Cuando el borrado vertical ocurre, cada una de las compuertas entre los fotodiodos y los VCCD's, se abren y todas las cargas almacenadas se transfieren hacia los VCCD's.

Durante el pulso de borrado Horizontal, una fila de cargas son transferidas por el HCCD. Durante el trazo horizontal, las cargas son movidas, fila por fila, fuera del HCCD. Esta acción corresponde al escaneo de línea por línea.

El movimiento de las cargas hacia afuera del HCCD continua durante el tiempo de trazo vertical hasta que todas las cargas dentro de los VCCD's han sido transferidas a la salida.

Al ocurrir el retrazo vertical, los sensores de imagen son reestablecidos (reset), para comenzar nuevamente a acumular cargas cada PD nuevamente. Normalmente se almacena un campo (una – mitad de un cuadro). Al ocurrir el pulso de borrado vertical las compuertas se abren y la carga es movida hacia los VCCD's y el proceso se repite.

Existen tres maneras para transferir las cargas hacia la salida, esto depende directamente de la arquitectura del CCD. Los tres métodos son, transferencia de cuadro (FT), transferencia de interlíneas (IT) y transferencia de cuadro e interlíneas (FIT).

La salida tiene dos fases:

1. En la fase fotoeléctrica, la imagen óptica es convertida en una carga. Este proceso analógico crea una carga proporcional a la cantidad de luz en la entrada.
2. En la segunda fase, las cargas son transferidas hacia la salida. En la fig. 2-12 se muestra como es que ocurre este proceso, observamos que por medio de un switcheo digital se puede realizar este proceso, todo esto controlado por un reloj generador. Esta operación es similar a la de modular un pulso en amplitud, ya que en cada muestra se tiene un nivel de amplitud diferente.

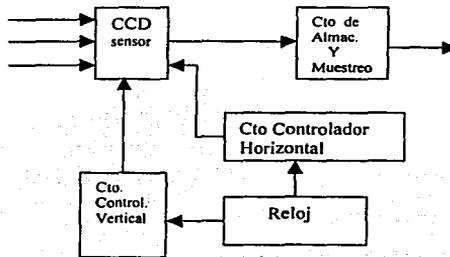


Figura 2-12.- Proceso de Salida de un CCD.

SEPARACION OPTICA DEL COLOR PARA ROJO, VERDE Y AZUL.

Una cámara de color está constituida por prácticamente tres cámaras. Una cámara empleada en un estudio de televisión contiene tres CCD captadores, uno para cada color primario. Un separador óptico detrás de la lente principal (llamada lente de captura) descompone la luz que llega en sus valores de rojo, verde y azul. Preamplificadores y procesadores separados manipulan estas señales R (rojo), G (verde) y B (azul).

Después, son añadidos los porcentajes correctos de las señales, de modo que la señal resultante se asemeje mucho a la escala de grises producidas por una cámara de blanco y negro. Esta nueva señal resultante se denomina señal Y, o de luminancia. Esta señal es prácticamente la misma señal de vídeo producida por una cámara de blanco y negro.

Los porcentajes tomados de cada señal se ajustan para producir la sensación de luminancia, o brillo de la visión humana. Como se mencionó anteriormente en el capítulo I, la ecuación es  $Y = 30\% \text{ rojo} + 59\% \text{ verde} + 11\% \text{ azul}$

La figura 2-13 muestra un separador óptico sencillo con filtros de color.

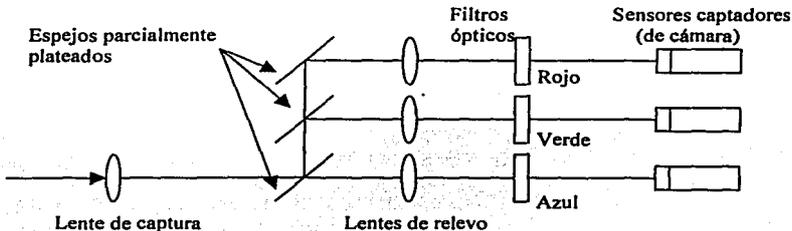


Figura 2-13.- Principio de un Separador Óptico.

La luz que llega desde la lente es dividida en tres partes por espejos plateados parcialmente. Los espejos dejan pasar parte de la luz y reflejan el resto. Delante de cada tubo de cámara hay un filtro óptico de color, se eligen de modo que dejen pasar una banda estrecha de longitudes de onda centradas en las señales de los colores primarios rojo, verde y azul. Los filtros bloquean la luz no deseada. El filtro de azul, por ejemplo, deja pasar la luz azul pero bloquea la roja y la verde. La desventaja de este sistema es la excesiva pérdida de luz, ya que solamente una tercera parte de la luz que pasa a través de la lente es alcanzada por cada tubo de cámara.

Espejos diecróicos.

Los espejos diecróicos aminoran la dificultad de la pérdida de luz debido a que dejan pasar ciertas bandas de longitud de onda y reflejan las otras. La configuración de los espejos se muestra en la figura 2-14 (a) y en la figura 2-14 (b) se muestra la estructura física.

El primer espejo refleja la luz azul pero deja pasar el resto. La luz azul es totalmente reflejada desde el espejo plateado hasta una lente de relevo, que forma una imagen de las componentes azules de la imagen en la placa de imagen del tubo de cámara azul (B).

La luz que pasa a través del primer espejo dicroico incide luego en un segundo espejo, aquí es reflejada la componente roja y el resto pasa a través del espejo. Lo que queda es blanco menos rojo y azul, que es esencialmente el verde. Se pierde muy poca componente de rojo-verde-azul.

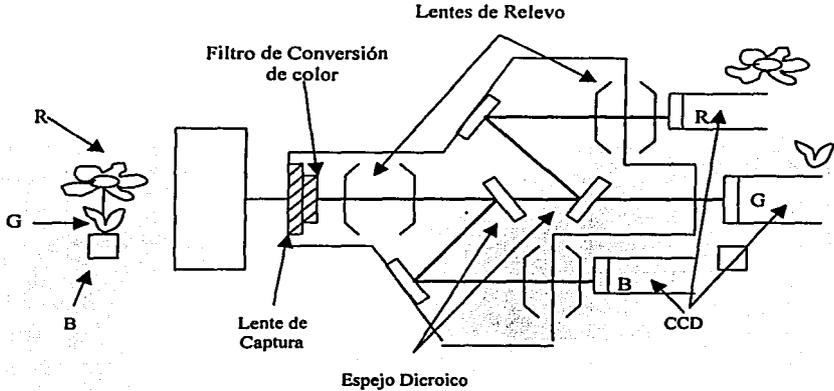


Figura 2-14. (a)

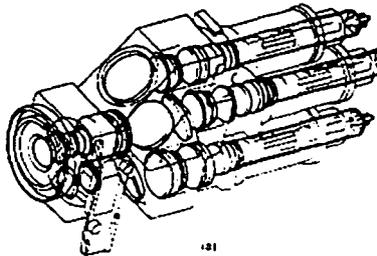


Figura 2-14 (b).- Espejos dicroicos.

La luz que llega al tubo de cámara es una fracción muy grande de la luz total que sale de la lente de captura.

El elemento clave de la acción de los espejos dicroicos es una capa transparente extremadamente delgada y exactamente controlada sobre una superficie. El espesor de la capa está controlado en la fabricación para que la luz de ciertas longitudes de onda reflejada desde la superficie anterior y la reflejada en la superficie exterior sean aditivas, es decir, estén en fase, en una dirección dada. Variando el espesor de la capa se pueden alterar tanto la dirección como la longitud de onda.

Una variante del sistema de espejos dicroicos, es el uso de prismas, como se muestra en la figura 2-15.

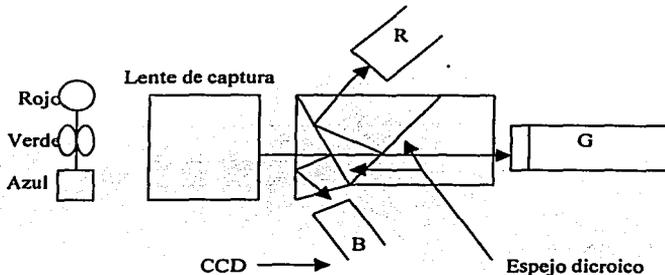


Figura 2-15. Prismas.

En esta variante, las capas de control están depositadas sobre las superficies de los prismas. No hay elemento intermedio entre el vidrio y el aire dentro del sistema de prismas, con lo que se consigue aminorar las pérdidas por dispersión de la luz. Los sistemas de prismas ofrecen mayor sensibilidad a la luz. En este sistema de prismas los tubos de cámara no son paralelos, estos se encuentran agrupados alrededor del prisma con inclinaciones que están determinadas por los ángulos en que emergen los colores primarios.

Las cámaras dicroicas, aunque son menos eficientes en cuanto a la pérdida de luz, tienen la ventaja de que todos los tubos captadores son paralelos en el espacio. Por ello, cualquier influencia magnética, tal como el campo magnético de la Tierra, tiende a afectar a los haces electrónicos en los tubos de cámara o captadores de la misma manera.

#### Sombreado Dinámico de Color.

La luz procedente de las partes superior e inferior de la imagen pasa a través de los espejos con inclinaciones ligeramente diferentes, por lo que se altera la acción del espejo. El resultado es un sombreado verde-magenta desde las partes superior e inferior de la imagen. Este efecto es cancelado en el procesador de señal por la alteración de la ganancia del canal de verde en la frecuencia de exploración vertical. Para controlar dicha ganancia, se utiliza una tensión de forma diente de sierra desarrollada en el circuito de deflexión vertical. Esta forma de corrección es llamada sombreado dinámico del color.

#### Sombreado estático del color.

El sombreado resulta también de la corriente oscura no uniforme en cada uno de los tubos de cámara. Esta forma de sombreado del fondo aparece como una variación de brillo en el nivel de

negro de las cámaras de blanco y negro. Pero es más perceptible en las cámaras de color, debido a que las variaciones del color del fondo producen efectos de sombreado de color. El sombreado desde la derecha hasta la izquierda en el tubo captador aparece como una forma inclinada o parabólica en la forma de onda de corriente oscura cuando es observada durante la exploración de línea horizontal.

Para corregir el sombreado se añaden formas de onda de diente de sierra y parabólica a la señal vídeo en el procesador de señal. Estas formas de onda son generadas por interacción de las formas de onda de exploración. Son también aplicadas a inversores de fase para la provisión de ambas formas de onda diente de sierra y parabólica de cualquier polaridad.

#### **Cámaras de Color de un solo Tubo o CCD.**

Estas cámaras también descomponen el haz luminoso en las componentes de colores primarios, pero lo hacen sucesivamente o secuencialmente en el tiempo. Utilizan el tiempo que tarda el haz en atravesar cada minúscula área de la placa de imagen.

Como ejemplo de este sistema empleado por algunas cámaras, se tiene la Separación con Tiras de Color Verticales y con Tiras de Color Oblicuas.

En la actualidad, las cámaras ya no contienen tubos como elemento captador de la imagen, ahora cuentan con dispositivos CCD, que hacen la misma función que los tubos de imagen, y ya no requieren ajustes extras, son alimentados con un voltaje menor y consumen menos potencia y el tamaño ofrece ventajas en cuanto al tamaño de la cámara.



# CAPITULO III

## FORMATOS DE ALMACENAMIENTO DE MATERIAL AUDIOVISUAL

### 3.1 Almacenamiento en cinta magnética.

En los primeros años de la televisión, cuando aún era en blanco y negro, la mayoría de los programas se transmitía en vivo; cuando la necesidad de grabarlos era imperiosa, se hacía en forma de cine, lo que resultaba muy costoso y difícil técnicamente por la incompatibilidad entre los 24 cuadros por segundo del cine y los 30 cuadros por segundo de la televisión. Por los motivos anteriores se buscaron métodos que permitieran la grabación del video y audio de una manera más práctica y económica.

Cómo en ese tiempo ya existían las grabadoras de audio en cinta magnética, si el sonido se convierte en señal eléctrica y puede grabarse de esa forma, resultó lógico que se buscara la manera de grabar así el video, por ser éste también una señal eléctrica.

Se hicieron algunos intentos de grabar el video longitudinalmente en una cinta magnética, pero al tener éste un ancho de banda muchísimo mayor al del audio ( 5Mhz del video contra 20 KHz. del audio), resultó impráctico, debido a que por las altas frecuencias contenidas, la velocidad de la cinta tenía que ser muy alta( del orden de 40 m/seg. ), lo que hacía a los aparatos muy voluminosos y costosos.

Para solucionar el problema de la velocidad de la cinta, la empresa norteamericana Ampex diseñó una grabadora de cinta magnética en la que además de desplazarse la cinta en forma longitudinal, las cabezas de grabación y reproducción también se movían, pero en forma transversal a la cinta, como se indica en la figura 3-1

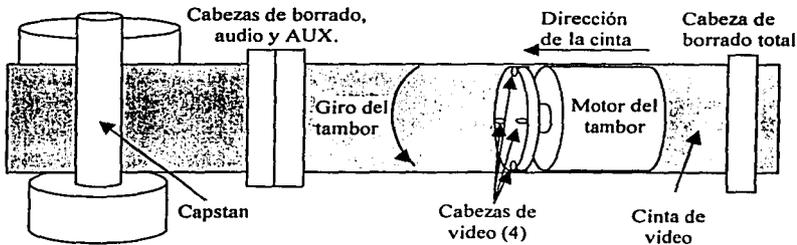


Figura 3-1.- Primer sistema práctico de grabación de video en cinta magnética.

En éste sistema de grabación, la cinta magnética es de 2 pulgadas de ancho, las cabezas de escritura y lectura son cuatro y se alojan en un tambor giratorio de 2 pulgadas de diámetro (formato cuádruplex). El audio se graba longitudinalmente en la parte superior de la cinta, en tanto que en la parte inferior se graba una pista que sirve para controlar los servomecanismos y otra donde se puede

grabar otro canal de audio o alguna señal necesaria de control. La forma de grabación se ilustra en la figura 3-2.

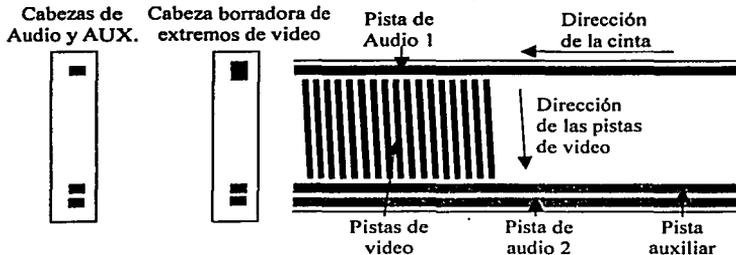


Figura 3-2.- Señales grabadas en la cinta magnética formato cuádruplex.

No abundaremos en el proceso de la grabación propiamente dicho porque en la actualidad ya no se utilizan éstas máquinas y los principios en que se basa su funcionamiento son los mismos utilizados por las siguientes generaciones, que si se explicarán en detalle; solo damos una introducción de éste sistema porque fueron las primeras grabadoras exitosas y funcionaron durante mucho tiempo.

### 3.1.1.-Formato de grabación tipo C.

El formato de grabación tipo C fue un perfeccionamiento del formato cuádruplex. Aunque ya no se fabrican máquinas de éste tipo, todavía siguen funcionando en todo el mundo y los canales de televisión en México tienen por lo menos una máquina, que utilizan para hacer la transferencia de programas grabados en éste formato, a otro más reciente. En TV UNAM se tiene una VTR Ampex modelo VPR6.

En el formato tipo C la grabación se hace en forma helicoidal, que es la utilizada en todos los formatos de grabación en cinta actuales, por ser la más eficiente en utilización de cinta, y sencilla en cuanto a los servomecanismos de control de velocidad de los motores.

En éste sistema de grabación se utiliza una sola cabeza de grabación-reproducción, por lo que la cinta tiene que abrazar al tambor 360 ° para que al salir de una pista, entre en la siguiente de inmediato. Con esto, la cabeza graba o lee un campo completo de la imagen, aunque, como se ve en la figura 3-3, la cinta rodea al tambor solo 343 °, por lo que en las primeras líneas de cada campo la cabeza está en el aire.

La situación anterior no ocasiona problemas porque las primeras líneas de cada campo no tienen señal de video y pueden ser generadas por circuitos electrónicos, pero si se decide grabar la información de sincronismo faltante, se puede utilizar una pista llamada auxiliar con una cabeza de grabación-reproducción que se encuentra en el mismo tambor, donde se encuentran otras 4 cabezas, que son la de borrado de video, para los procesos de edición, donde interesa solo borrar el video,

para insertar nueva señal sobre el sincronismo ya existente, la cabeza de borrado de sincronismos, utilizada para borrar los sincronismos en la pista auxiliar, cabeza de reproducción de video simultánea, para reproducir el video que se está grabando en el instante, a fin de monitorear la calidad de grabación, la sexta cabeza localizada en el tambor es la reproductora de sincronismo simultáneo que tiene la misma función que la anterior, para poder monitorear la señal de video completa. (ver la ubicación de las cabezas en la figura 3-3).

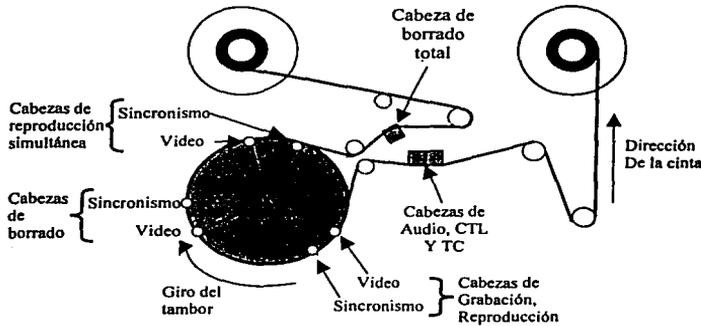


Figura 3-3.- Formato de grabación tipo C.

Fuera del tambor hay otras cabezas de grabación y reproducción, que graban pistas lineales arriba y abajo de la señal de video, en la parte superior se graban dos pistas de audio, en la parte inferior tenemos la pista de control (CTL), donde se graban pulsos que serán utilizados en la reproducción para sincronizar la velocidad y posición de los motores de giro del tambor y del arrastre de cinta (capstan), tenemos además la pista auxiliar, con la función descrita anteriormente, o la posibilidad de grabar un tercer canal de audio. Las señales anteriores se encuentran ilustradas en la figura 3-4.

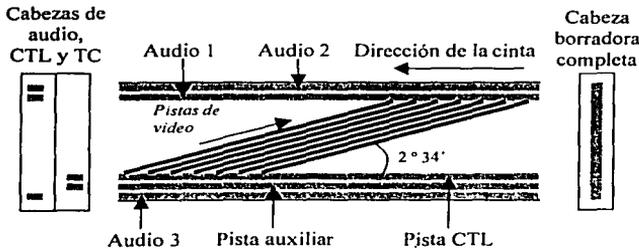
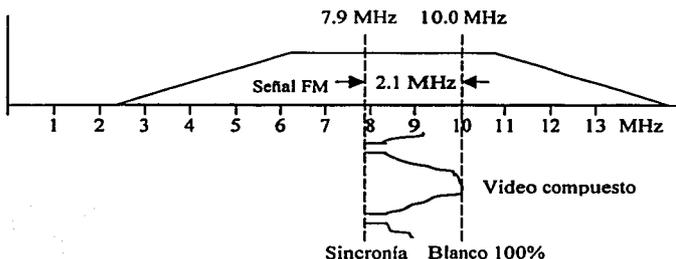


Figura 3-4.- Señales grabadas en el formato tipo C, helicoidal.

**Tratamiento de la señal de video.**

En todos los formatos de grabación de video en cinta magnética, se le realizan ciertos procesos a la señal para poder registrarla, debido a que si se tratara de hacerlo directamente no sería posible, porque la curva de respuesta en frecuencia de las cabezas de grabación y reproducción de video no es lineal, debido a esto, las bajas frecuencias no serían grabadas con el mismo nivel que las altas, por otra parte, la curva de imantación de las cabezas de grabación y la cinta magnética tampoco es lineal debido a estos dos factores, la señal de video recibe un tratamiento, que varía según el formato de que se trate.

En la grabación en formato C, la señal a grabar es el video compuesto que se explica en el capítulo I. Para evitar los dos problemas expuestos al principio de éste párrafo, la señal completa de video se modula en frecuencia con una portadora que tendrá una excursión de 7.9 MHz en el nivel inferior del sincronismo de la señal de video, y de 10 MHz en el nivel de blanco al 100 %. Como se ilustra en la figura 3-5.



**Figura 3-5.- Excursión de la señal FM en la grabación de video en formato C.**

Con ésta forma de modulación, se evita el grabar las señales de baja frecuencia del video porque la mínima frecuencia grabada será de 7.9 MHz, además de evitar el efecto del comportamiento magnético alineal de la cabeza de video y la cinta, debido a que la señal en FM es inmune a los cambios de nivel de imantación.

El formato de grabación tipo C fue un avance cuando se diseñó, porque se economizó en el tamaño de cinta y se hicieron más estables los servomecanismos, pero presenta el inconveniente de su tamaño y que la cinta es de carrete abierto, dificultando su manipulación, por lo que se buscó diseñar sistemas de grabación más prácticos y estables, aunque por la gran aceptación alcanzada siguen vigentes hoy día.

**3.1.2.- Formato de grabación U'MATIC.**

El formato de grabación U'MATIC fué desarrollado en los años 70's por la empresa Sony, puede considerarse como de menor calidad que el cuádruplex y C, por el tratamiento que se le hace a la señal de video para poderlo grabar en la cinta. Sin embargo alcanzó gran éxito por la estabilidad de los servomecanismos y porque la cinta se aloja en un cassette, que permite una manipulación más sencilla, lo que no ocurría con las cintas cuádruplex y C, que debían colocarse manualmente en la máquina, en el caso U'MATIC solo se introduce el cassette y la máquina enhebra la cinta alrededor de las diferentes cabezas.

La razón del éxito alcanzado por éste formato, a pesar de la menor calidad que sus antecesores, radica en el menor costo del quipo y refacciones, la facilidad y rapidez en la manipulación de las cintas, así como el menor costo de las mismas, y principalmente, en que la calidad del video todavía es bastante alta como para su utilización en la televisión profesional.

Este sistema utiliza el grabado helicoidal sobre la cinta, con dos cabezas giratorias alojadas en un tambor, a 180 ° una de otra, grabándose un campo de la señal de video por cada una, como lo ilustra la figura 3-6.

Con éste sistema es necesario un circuito que permita que grabe-reproduzca una de las dos cabezas, mientras bloquea a la otra, para que no induzca ruido a la que está trabajando. La cinta utilizada es de 3/4 de pulgada de anchura, por lo que también se le llama formato 3/4.

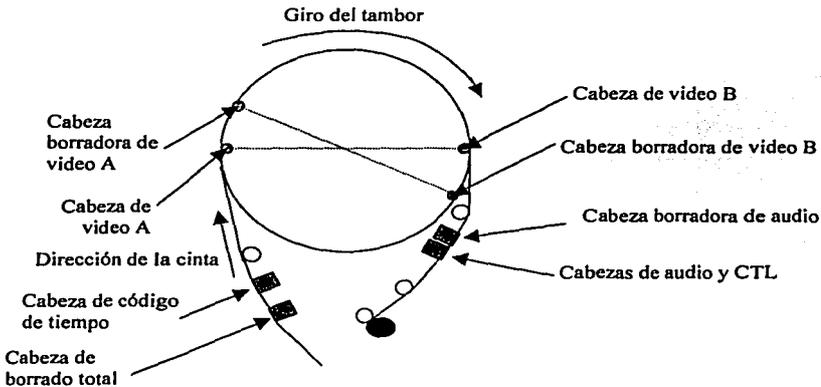


Figura 3-6.- Sistema de grabación helicoidal con dos cabezas, utilizado en el formato U'MATIC y muchos otros.

#### Tratamiento de la señal de video.

Para grabar la señal de video en este formato, se decidió separar las señales de luminancia y crominancia para procesarlas de forma diferente, así, la luminancia se modula en frecuencia, con una excursión de 3.8 MHz para el nivel mínimo de sincronía y de 5.4 MHz para el nivel de blanco al 100 %, con lo que se evitan los dos problemas inherentes a la grabación en cinta magnética. La señal de croma, por su parte, sufre un proceso de mezclado que traslada su ancho de banda a frecuencias más bajas, no utilizadas por la luminancia, que son de 2 MHz hacia abajo, esto se consigue generando una señal de 4.268 MHz, que al mezclarse con la señal de croma, traslada su espectro a una frecuencia central de  $688 \pm 500$  KHz, debido a que durante el proceso se le recorta el ancho de banda a 1 MHz, con esto, el espectro de la señal de croma no interfiere con el espectro utilizado por la luminancia. Para soslayar el efecto de la alinealidad cabezas-cinta en la croma, ésta se somete a un proceso de amplificación mayor que la luminancia. El problema del comportamiento no lineal de la imantación de la cinta se soluciona modulando en AM la señal FM de la luminancia

como portadora de las bandas laterales de la crominancia, de ésta forma se puede grabar en la cinta la señal de video completa, pero al precio de eliminar el contenido de las altas frecuencias a ambas señales, de ahí la menor calidad de éste formato.

La razón de procesar separadamente la luminancia y crominancia se debe a que la velocidad y tamaño de la cinta es menor a los formatos anteriores, por lo que la frecuencia máxima a grabar también debe ser menor. Con éstos procesos, la calidad de la señal en el formato U'MATIC es menor a la de video compuesto normal, sin embargo, debido a los motivos ya explicados alcanzó una gran popularidad, de manera que aunque ya tampoco se fabrican, todavía hay muchas en funcionamiento actualmente y se siguen vendiendo repuestos, tanto que hay empresas que utilizan a éste como su principal formato. En TV UNAM tenemos varias máquinas de éstas, utilizándose para edición off-line y realizar transferencias de material ya grabado a otros más recientes. El espectro de las señales grabadas en la cinta se muestra en la figura 3-7.

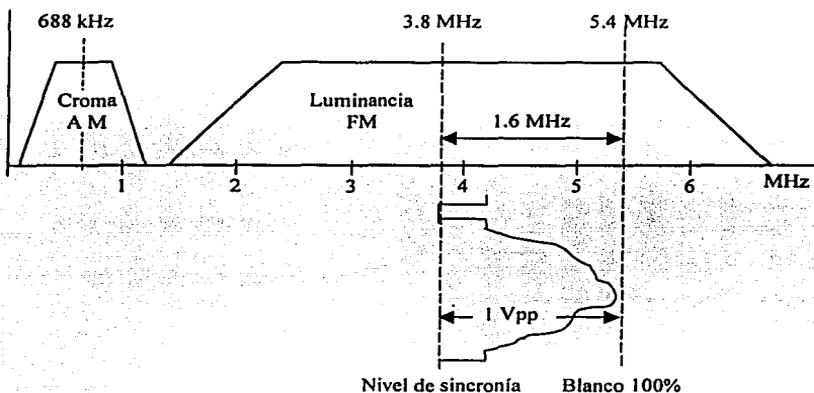


Figura 3-7.- Espectro ocupado por las señales grabadas en el formato U'MATIC.

Después del diseño original descrito arriba, se realizaron mejoras, como la utilización de cabezas más pequeñas y cintas con mejores características de respuesta, que permitieron la grabación de más altas frecuencias en la luminancia, llamándose U'MATIC SP (superior performance).

Una señal especial que se graba en la cinta en modelos U'MATIC más avanzados, como la serie BVU, es la señal de código de tiempo (time code o TC), que se ubica en una pista lineal abajo del video, aunque para poder grabarla hay que borrar las primeras líneas de la pista de video, que no contienen información de imagen, sino solo los pulsos de sincronía vertical, pulsos igualadores y las primeras líneas de video, que solo tienen nivel de negro. Las señales eliminadas por éste proceso son recuperadas por medios electrónicos, por ser siempre constantes.

El código de tiempo es una señal que asigna un número consecutivo a cada cuadro grabado en la cinta, por lo que al editar el programa podemos indicarle a la máquina en que sitio exacto queremos que comience y finalice el efecto descado.

El audio se graba en dos pistas lineales ubicadas abajo de la pista de código de tiempo, en tanto que en la parte superior de éste se graba una pista de control (CTL), para sincronizar los servomecanismos durante la reproducción, como se ve en la figura 3-8.

### 3.1.3.- Formato de grabación BETACAM.

El sistema de videograbación BETACAM fue desarrollado por SONY y presentado en 1983, con una mejora muy sustancial con respecto al U'MATIC, es muy extensamente utilizado en la actualidad en los sistemas de televisión profesionales por su gran calidad, ya que en la práctica el video grabado tiene más detalle que el video compuesto que se transmite en la televisión abierta, expuesto en el capítulo I, por razones explicadas más adelante. En TV UNAM es el formato de grabación utilizado "oficialmente" en la actualidad y lo seguirá siendo por ser compatible con los sistemas de edición que trabajan digitalmente, como se indicará en otro capítulo.

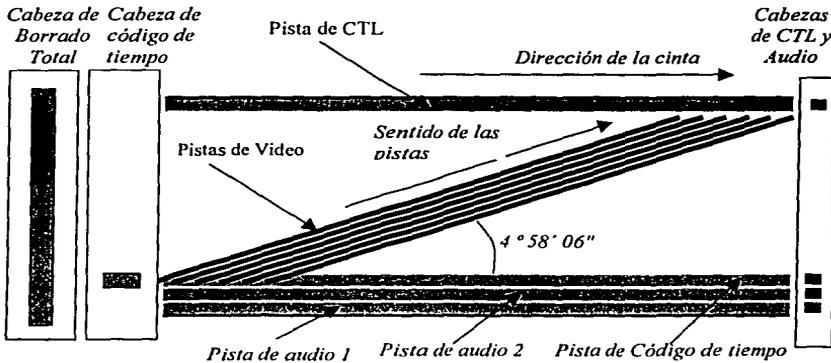


Figura 3-8.- Señales grabadas en las cintas en formato U'MATIC, y forma de hacerlo.

En éste formato la cinta de video es de 1/2 pulgada de ancho, con grabación helicoidal, en la que se graban luminancia y crominancia en pistas separadas, por lo que en el tambor se tienen cuatro cabezas de grabación-reproducción de video, ubicadas por pares a 180° como en el sistema U'MATIC. Cada par graba una señal de luminancia y crominancia al mismo tiempo, localizándose la cabeza de croma arriba y girada 6.7° con respecto a la de luminancia, como se indica en la figura 3-9. En la misma figura se ve que en el tambor también existen dos cabezas ubicadas perpendicularmente a las de luminancia, que borran las dos señales de video en el proceso de edición.

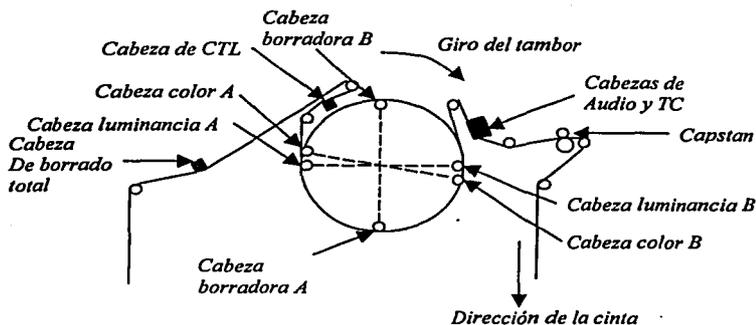


Figura 3-9.- Formato de grabación BETACAM y ubicación de las diferentes cabezas.

**Tratamiento que se da a la señal de video.**

La calidad de éste formato se logra grabando el video en componentes, que se explicaron en el capítulo I. La luminancia se graba modulada en frecuencia con un ancho de banda de 4.5 MHz, siendo la excursión de FM de 5.7 MHz para el nivel de sincronía y de 7.7 MHz para el blanco al 100%. Las dos señales diferencia de color (R-Y y B-Y), se filtran para limitar el ancho de banda de ambas a 1.5Mhz, después son comprimidas digitalmente para acomodarlas en un solo canal con ancho de banda de 3.0 MHz y así modular a otra portadora en FM, con una excursión de 4.8 MHz para el nivel mínimo y de 6.35 MHz para el máximo. Los espectros respectivos de las señales grabadas se ilustran en la figura 3-10.

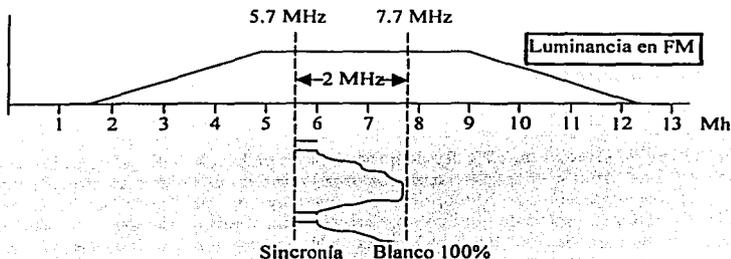


Figura 3-10 A.- Espectro de la señal de luminancia en formato BETACAM.

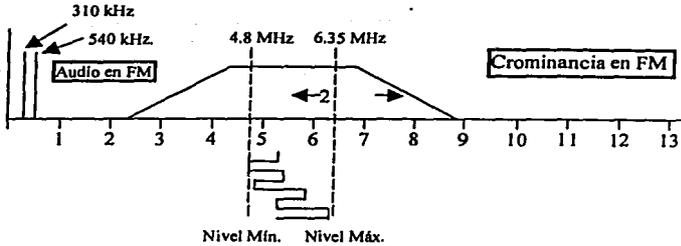


Figura 3-10 B.- Espectro de la crominancia grabada en el formato BETACAM.

Los valores anteriores corresponden al formato BETACAM SP (superior performance), debido a que en la primera versión de éstas máquinas la excursión de las señales FM era un poco menor, teniendo por esta causa que limitarse las frecuencias de luminancia y croma. Al mejorar la tecnología de las cintas y poder grabarse en ellas más altas frecuencias, se pudo ampliar el ancho de banda de las señales Y, R-Y, B-Y y mejorar con ello la calidad del video. Se explica solo el último sistema porque es el que se tiene en TV UNAM, aunque las máquinas SP son compatibles con el sistema normal, no así a la inversa.

Las máquinas tienen entradas para las señales Y, R-Y, B-Y; de forma que se puedan utilizar directamente, pero también tienen entradas para señal de video compuesto y S-Video, siendo necesarios circuitos internos que separan éstas señales en sus componentes. Se recomienda la utilización de componentes porque las otras señales son de menor calidad, aún con éstas señales, la calidad es superior al formato U'MATIC.

Debido a que resulta interesante, explicaremos someramente como se comprimen en tiempo las señales R-Y y B-Y: Primero se filtran para limitarles el ancho de banda a 1.5 MHz, posteriormente se digitalizan y se graban separadas en una RAM, de donde se leen al doble de velocidad de escritura y se regresan a su forma analógica, para multiplexarse en tiempo y colocarse en el mismo canal, de manera que solo utilizarán media línea cada una y tendrán el doble de ancho de banda original (3 MHz). El proceso anterior es llamado CTDM (Compressed Time División Múltiplex) y su aplicación ocasiona que la señal de crominancia sea retrasada una línea respecto a la luminancia durante la grabación y otra línea en la reproducción, lo que no trae mayores problemas porque solo es necesario retrasar la luminancia un tiempo igual. La figura 3-11 explica gráficamente el proceso descrito.

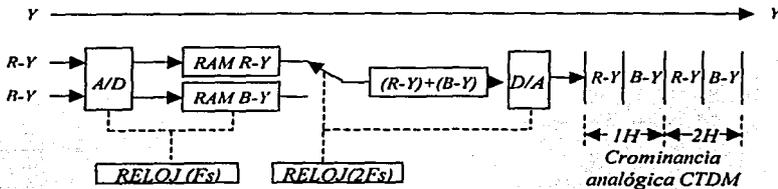


Figura 3-11.- El proceso CTDM aplicado a las señales R-Y y B-Y.

En la cinta son grabadas otras 6 señales, aparte de las de video, ubicándose arriba de las pistas de video dos canales de audio grabados linealmente, en tanto que en la parte inferior de la cinta se graba la pista de control track (CTL) y la de código de tiempo (TC), teniendo la misma función que en los otros formatos. Las dos señales restantes son canales de audio opcionales, que se graban multiplexados en frecuencia con la señal de croma, modulando en FM cada señal de audio una portadora respectiva de 310 y 540 KHz, como se observa en la figura 3-10.

Los canales de audio grabados en FM junto con la señal de croma pueden ser grabados en el formato BETACAM SP, pero no todos los modelos SP tienen la posibilidad de reproducirlos. La mayoría solo puede reproducir el audio grabado linealmente, en el caso de TV UNAM todas las máquinas no pueden reproducir los canales de audio grabados en FM, por lo que no se utiliza esta posibilidad, que se puede habilitar con un switch. En la figura 3-12 se pueden observar todas las señales grabadas en la cinta.

### 3.1.4.- Formato de grabación VHS.

El sistema de grabación VHS (Video Home System), fue desarrollado por la empresa JVC de Japón y comercializado en 1978, como su nombre lo dice, es un formato de grabación destinado al mercado doméstico, que utiliza cinta de 1/2 pulgada de ancho alojada en un cassette para su fácil manejo.

La grabación es muy compacta, no habiendo espacios vacíos entre pista y pista de video, por lo que se tienen que utilizar ciertos métodos para evitar que las cabezas lean información de pistas adyacentes.

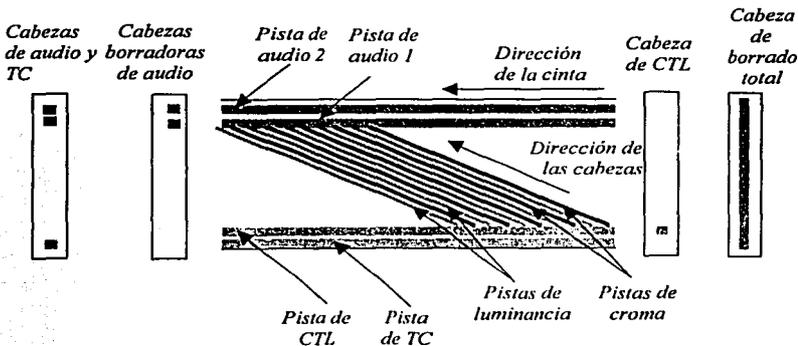


Figura 3-12.- Señales grabadas en la cinta en formato BETACAM SP.

La forma de grabación es helicoidal con dos cabezas de video localizadas a 180°, aunque el tambor puede tener otro par de cabezas para funciones como slow motion, congelamiento de imagen, etc.

En el caso de las máquinas VHS Hi-Fi, en las cuales se graba sonido estéreo de alta fidelidad, existen otras dos cabezas en el tambor para grabar el audio modulado en FM, aunque también se graba sonido monoaural en un canal lineal, para que el cassette grabado pueda ser reproducido en una máquina normal. Fuera del tambor se ubican otras cabezas, la del audio que se graba en un canal lineal, ubicada en un mismo dispositivo con la cabeza de CTL y la cabeza borradora de cinta. La ubicación de todas las cabezas se ilustra en la figura 3-13.

Aunque el sistema VHS se diseñó para uso doméstico, lo explicamos en éste trabajo debido a que en TV UNAM se tiene gran cantidad de grabadoras, utilizadas para hacer copiado múltiples de los programas que se producen y distribuirlos directamente entre el público interesado, por ésta razón puede ser considerado un medio de difusión.

**Tratamiento de la señal de video.**

En las grabaciones VHS, la señal de video es tratada de forma parecida a la grabada en el formato U'MATIC. Esto es, se separan las señales de crominancia y luminancia, grabándose la luminancia, con un ancho de banda de 3 MHz aproximadamente, como señal FM con una excursión de 3.4 MHz para el nivel de sincronía y de 4.4 MHz para el nivel de blanco al 100 %.

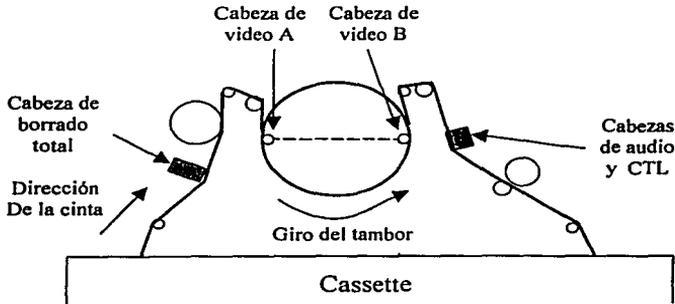


Figura 3-13.- Sistema de grabación VHS.

La señal de color es separada con un filtro pasabanda centrado a la frecuencia portadora de 3.579545 MHz y con un ancho de banda de  $\pm 0.5$  MHz, para limitar las bandas laterales superiores a 0.5 MHz. A continuación, es mezclada con una frecuencia de 4.21 MHz aproximadamente, para que con un filtro pasabajos se obtenga la señal  $(4.21-3.579545)=0.629371$  MHz, misma que contendrá el mismo espectro de frecuencias que la señal de color original, pero estará ubicado entre 0.129 y 1.129 MHz, de ésta manera, no se interferirán las señales de crominancia y luminancia al ser grabadas por las mismas cabezas, como lo ilustra la figura 3-14.

Una particularidad del sistema VHS y en general de los sistemas domésticos, consiste en que las pistas de video adyacentes no son grabadas de la misma forma, debido a que en los formatos domésticos no se deja espacio entre pistas, para aprovechar al máximo la cinta.

Debido a la anterior circunstancia, se utilizan dos métodos para que la cabeza que está leyendo una pista no recoja señal de las pistas adyacentes.

- El primer método consiste en no colocar las cabezas de video formando un mismo ángulo con respecto a la pista, sino que una cabeza tiene su entrehierro desviado  $+6^\circ$  de la perpendicularidad con la pista, mientras que la otra cabeza tiene el entrehierro desviado  $-6^\circ$  con respecto a su pista. Con este método, si una cabeza capta señal de la pista adyacente a la suya, tendrá una inclinación total de  $12^\circ$ , respecto a su ubicación óptima, disminuyendo mucho el nivel de señal captado.

La grabación anterior ( llamada azimutal ), se utiliza también en los formatos profesionales de grabación, y con esto es suficiente porque entre pistas de video se deja un espacio sin grabar, pero como en los sistemas domésticos no se deja espacio, esto no es suficiente, por lo que se utiliza un segundo método, diferente en cada formato.

- El segundo método utilizado en VHS, consiste en la rotación de fase de la subportadora de color. La cabeza "A" grabará la pista de video con la fase de subportadora de color adelantada  $90^\circ$  en cada línea horizontal de video, con respecto a la anterior, mientras que la cabeza "B" lo hará atrasándola  $90^\circ$ . De la manera anterior, entre pistas adyacentes, la señal de croma tendrá una diferencia de  $180^\circ$ . Al leer la cabeza su pista, captará señal de la pista contigua, pero al realizarse el proceso inverso para que la fase de la señal quede sin cambio, la fase de la señal captada de la pista adyacente quedará invertida de una línea a otra, después, la señal es retrasada el tiempo que dura una línea horizontal y sumada con la señal original, teniendo a la salida del sumador la señal principal reforzada, por estar en fase las dos, en tanto que la señal interferente estará invertida con respecto a la línea retrasada y el resultado de la suma será nulo, siendo así eliminada la señal captada de la pista adyacente.

El proceso anterior se realiza solo en la señal de color porque la luminancia es grabada en frecuencias mayores y en FM, con lo que el problema es mínimo.

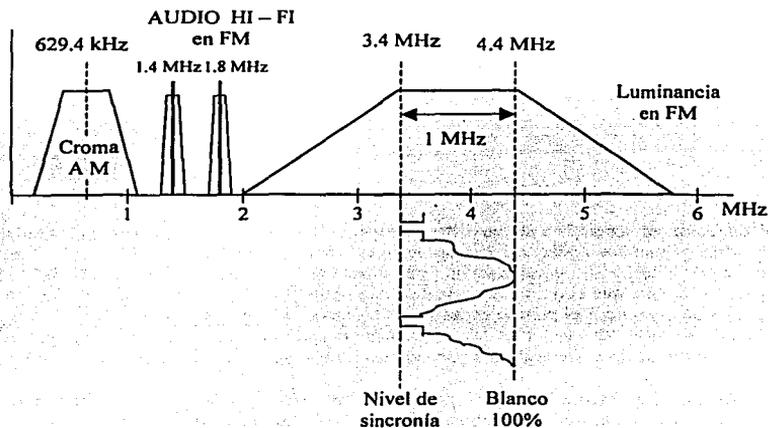


Figura 3-14.- Espectros de las señales de video grabadas en formato VHS.

**VHS Hi-Fi**

Un perfeccionamiento del sistema VHS descrito anteriormente y contenido en algunos modelos, consiste en que el audio se graba en estéreo y con un ancho de banda completo (20 a 20000 Hz) del mismo modo que el video, con otras dos cabezas ubicadas en el tambor y ocupando la misma pista, solo que se graba primero, con una pista más angosta y en FM, con una portadora para cada canal, ubicadas a 1.4 y 1.8 MHz respectivamente y una desviación máxima de  $\pm 100$  KHz cada una, la ubicación del espectro permite que no interfieran con las señales de luminancia y croma, (ver figura 3-14).

Para lograr que las cabezas de video y audio no lean la señal que no les corresponde, donde la señal de video se graba con un ángulo de  $-6^\circ$ , la señal de audio se graba con un ángulo de  $+30^\circ$ , habiendo entre las dos señales  $36^\circ$  de diferencia, lo que unido al hecho de que los espectros son diferentes, disminuye la interferencia al mínimo. Las diferentes señales grabadas en la cinta VHS, incluyendo el audio en Hi-Fi, se ilustran en la figura 3-15.

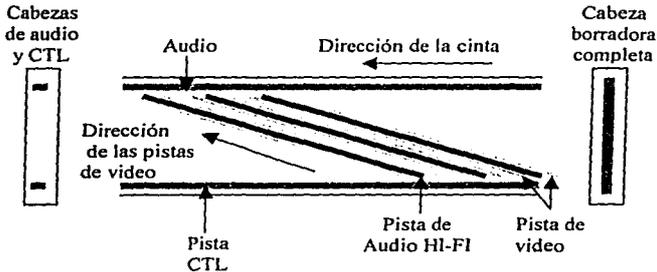


Figura 3-15.- Las diferentes señales grabadas en la cinta VHS HI-FI

**S-VHS**

Una innovación más hecha al formato VHS, como consecuencia del mejoramiento de las cintas y de las cabezas de video, es la posibilidad de grabar frecuencias más altas en cintas de partículas de metal, con cabezas de entrehierro menor y con mejor respuesta en frecuencia. De ésta forma, el espectro de las señales de luminancia y crominancia a grabar es mayor, lo que se traduce en la mayor calidad de la imagen, unido al audio Hi-Fi. Este mejoramiento aumenta la calidad de la imagen a un nivel cercano al del formato U'MATIC, de hecho, la intención era sustituirlas por S-VHS, solo que el costo de las máquinas y cintas no fue lo suficientemente bajo como para resultar atractivo, además, surgieron formatos con mejores prestaciones y menor costo, por lo que no se ha popularizado a nivel profesional ni doméstico. A pesar de lo anterior, se utiliza en algunas ocasiones y en TV UNAM se tienen 2 máquinas para realizar copiado y algunas grabaciones a nivel industrial. El espectro de las señales grabadas en la cinta es el de la figura 3-16.

Como puede observarse en la figura 3-16, el espectro de la luminancia en FM es mucho más ancho que en VHS, mientras que la crominancia se mantiene casi igual. Las frecuencias grabadas son muy parecidas al formato U'MATIC, con lo que la calidad es casi la misma.

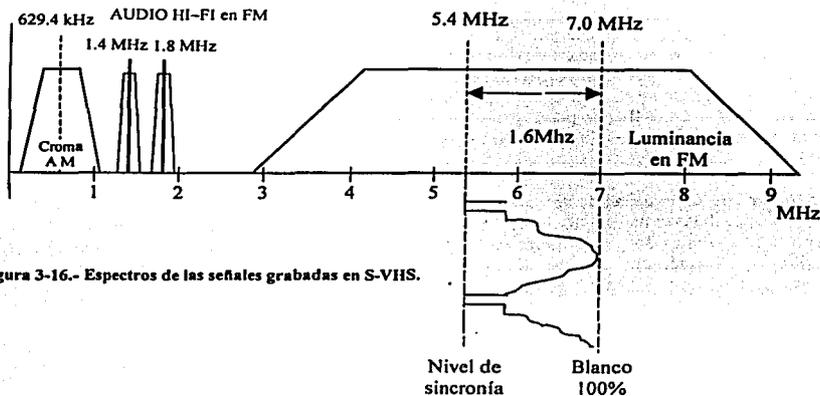


Figura 3-16.- Espectros de las señales grabadas en S-VHS.

### 3.1.5.- Grabación de la señal de audio en cinta magnética.

En los formatos de grabación en cinta magnética que acabamos de ver, el audio se maneja independientemente al video, la señal eléctrica sufre también procesos diferentes para poder ser grabada en la cinta, debido al menor ancho de banda que tiene con respecto al video.

Como sabemos, la señal de audio tiene frecuencias entre 20 y 20000 Hz, y lo ideal es que todo el espectro sea grabado, pero por ser almacenado en pistas lineales con cabezas fijas, el espectro abarcado es limitado por la respuesta en frecuencia no lineal tanto de la cabeza grabadora-reproductora como de la cinta. Para evitar el inconveniente anterior, tanto en las grabadoras de video-audio como en las grabadoras exclusivamente de audio, profesionales o domésticas de calidad, se modula en AM, con la señal de audio, una frecuencia más alta llamada BIAS, para de ésta forma colocar el espectro de audio dentro del rango lineal del conjunto cabeza-cinta. El BIAS tiene la función adicional de evitar la región en que el comportamiento magnético de la cabeza no es lineal, como se vio al principio de éste capítulo para la señal de video.

En el caso de la grabación de audio en pistas lineales, independientemente de los niveles y frecuencias de señal y de BIAS que serán grabados, el proceso seguido es parecido y consta de los siguientes pasos:

- Aumento o disminución del nivel de señal para adecuarla a los niveles que manejan los circuitos electrónicos que la prepararán para ser grabada.
- Después del paso anterior se mezclará con el BIAS.
- El último paso es la grabación en la cinta magnética.

El proceso anterior puede incluir en alguna etapa filtraje, ecualización, aplicación de métodos para reducir el ruido (Dolby NR), etc. Pero la señal de audio no es modificada en su forma fundamental. Los pasos anteriores se ilustran en la figura 3-17.

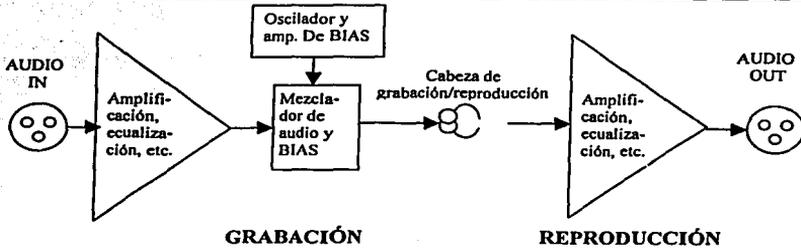


Figura 3-17.- Procesos que se llevan a cabo en la grabación/reproducción de audio.

La unidad básica de medida de la señal eléctrica que representa al audio es el "**dBm**" y se define de la siguiente manera:

0 dBm = Es el nivel de voltaje de una señal senoidal de 1KHz que producirá una disipación de potencia de 1 miliwatt en una resistencia de 600Ω.

A partir de la definición anterior podemos obtener el valor de la señal de voltaje:

$$P = V_{rms} (I_{rms}) = \frac{V_{rms}^2}{R}$$

ó

$$(PR)^{1/2} = V_{rms}$$

Por lo tanto:

$$V_{rms} = [(0.001)(600)]^{1/2} \approx 0.775V_{rms}$$

Así: **0 dBm = 0.775V<sub>rms</sub> / 600 Ω**

Para obtener el nivel de voltaje en cualquier lectura dada en dBm's utilizamos la conocida fórmula:

$$dB = 20 \text{ Log } \frac{V_{out}}{V_{in}} \quad \text{donde: } V_{out} = \text{ Voltaje que vamos a encontrar.}$$

$$V_{in} = \text{ Voltaje de referencia para 0 dBm.}$$

La "m" en la expresión dBm significa que la señal de audio se mide con una carga de 600 Ω y está referida a la definición dada anteriormente, porque podemos encontrar las siguientes expresiones igualmente válidas:

- 0 dB = 0.775 V<sub>rms</sub> sin carga y sin disipar potencia.
- 0 dBu = 0.775 V<sub>rms</sub> con una carga mayor a 600 Ω ( típicamente mayor a 5 k Ω).
- La "u" significa en inglés "unbalanced" y se explicará un poco más Adelante.

En algunos aparatos antiguos se encuentra la expresión: **dBV**, que se refiere a una lectura dada en **dB**'s pero referida a **1 V<sub>rms</sub>**, sin expresar si hay o no alguna carga, esto es:

$$0 \text{ dBV} = 1 \text{ V}_{\text{rms}}$$

Una gran cantidad de aparatos que manejan audio, indican en sus medidores unidades **VU (Volume Unit)**, por lo que a éstos indicadores se les llama "VÚmetros". La "unidad de volumen" es una medida hasta cierto punto arbitraria, pero guarda la misma relación que el **dB**, es decir, un aumento en **1 VU** equivale a un aumento en **1dB**.

El indicador en **VU** tiene un fin principalmente operativo, nos advierte que si el nivel de la señal de audio rebasa la línea de **0VU**, posiblemente el audio sufra distorsión al grabarse o reproducirse porque los circuitos que manejan la señal estarán trabajando fuera de su rango lineal.

La razón de utilizar las **VU**'s en lugar de los **dB**'s (si en esencia significan lo mismo), es porque los aparatos profesionales no tienen un nivel de entrada o salida de audio estandarizado, es decir, un aparato puede manejar **0 dB**'s como su nivel óptimo, mientras que otro manejará

**4 dB**'s, **8 dB**'s o hasta **12 dB**'s. De esta manera, el nivel de señal en que se distorsionará el audio será diferente en cada aparato, por lo que según el ejemplo anterior, tenemos la siguiente relación:

$$0 \text{ dB} = 0 \text{ VU}$$

$$4 \text{ dB} = 0 \text{ VU}$$

$$8 \text{ dB} = 0 \text{ VU}$$

$$12 \text{ dB} = 0 \text{ VU}$$

Dependiendo del nivel de señal que maneje cada aparato.

La lectura en **VU**'s nos dá una indicación de cuantos **dB**'s está nuestra señal arriba o abajo del punto óptimo de operación. Recordando que nos está indicando valores *rms*, porque existen indicadores de **PPM (Peak Program Meter)**, que nos indican el valor máximo o de pico de la señal de audio, en cada instante.

Por las razones expuestas, es recomendable revisar el manual de usuario de cada aparato, para comprobar que manejen el mismo nivel de señal de audio, y si no es así, hacer las adecuaciones necesarias. En la siguiente tabla tenemos los niveles de audio que manejan las grabadoras vistas en éste capítulo, que son las que tenemos en TV UNAM.

FORMATO	ENTRADA	SALIDA
Cúadruplex	No disponible	No disponible
"C"	8 dBm = 0 VU	8 dBm = 0 VU
U'MATIC	4 dBm = 0 VU	4 dBm = 0 VU
BETACAM	4 dBm = 0 VU	4 dBm = 0 VU
VHS	-8 dBu = 0 VU	-8 dBu = 0 VU

La letra "**u**" en el formato **VHS** nos indica que la entrada y salida de audio es no balanceada y con una carga mayor a **600 Ω**.

La frase "no balanceada" significa que la señal entra o sale del aparato en una sola línea y referida al nivel de 0 Volts, generalmente los conectores son "phono" o "mini jack". En cambio, en los aparatos profesionales, la entrada y salida de audio es "balanceada", indicando que la señal entra o sale en dos líneas, más la de referencia, que se conecta al chasis (tierra).

Para poder transferir la señal de un aparato a otro, se coloca en el aparato emisor, receptor o en ambos, un transformador de audio que aísla los niveles de DC que pudiera tener la señal. El conector utilizado es el denominado **XLR** de tres pines, de los cuales uno (el 1) se conecta a la referencia y los otros dos (2 y 3), llevan la señal de audio.

## CAPITULO IV

# ESQUEMA GENERAL DE TV UNAM

### 4.1 Infraestructura con que cuenta TV UNAM.

Desde un punto de vista técnico, la televisión ( *TELE - prefijo que significa lejos, a distancia: VISION - percepción por el órgano de la vista* ) es un sistema que permite la transmisión a distancia de imágenes ( sean estáticas o en movimiento ) por medios eléctricos, para que puedan ser vistas sin necesidad de que el destinatario de las mismas esté presente en el lugar de su ocurrencia. Desde éste punto de vista, el sistema de televisión consta solo de tres subsistemas: Un primer proceso o dispositivo que permita la obtención de las imágenes a transmitir, convirtiéndolas a señales eléctricas ; el segundo proceso es la transmisión de las imágenes en forma de señales eléctricas o electromagnéticas a través de un medio (generalmente el aire) y mediante ciertas técnicas y dispositivos que permiten hacerlo ; el tercer subsistema es el que permite recibir las señales transmitidas, y por medio de un proceso inverso al de su obtención, emitir por medio de un dispositivo ( el tubo de rayos catódicos), la luz que permita a nuestra vista, obtener una representación cercana ( hasta ahora no fiel ) de las imágenes que se transmiten, para que tengamos la ilusión de estar presentes en el lugar donde ocurren los hechos.

Basados en la definición anterior, un sistema de televisión válido puede consistir solo en una cámara de televisión, un transmisor, y los televisores que sintonicen el canal en que se transmite la señal electromagnética de éste. Cuando se dió el surgimiento de la televisión, época en que tenía un interés solo científico, así estaban constituidos los sistemas. Por tal razón, el equipamiento necesario para operar un canal de TV no suponía mayor problema, una sola persona podía instalarlo y mantenerlo en operación. Pero pronto se le infirieron las posibilidades que tenía, tanto comerciales como de medio de comunicación. Así surgió la necesidad de equipamiento que se añadió al sistema básico, que, en un principio, consistía solo en más cámaras de video que permitían tomar la misma escena pero desde diferentes ángulos, o diferentes escenas, ubicadas en otros lugares; surgiendo la necesidad extra de tener dispositivos que permitieran sincronizar las diferentes cámaras y conmutar la señal de las mismas para enviar al transmisor solo una de todas las posibilidades existentes. Lo anterior ocurría cuando la televisión transmitía solo escenas en "vivo", pero al surgir la posibilidad de grabar ( en cinta magnética) las imágenes y el sonido, para su almacenamiento y posterior transmisión, surgieron posibilidades casi infinitas de manipular la señal de video para crear una "realidad" y no solo transmitirla, como se hacía en el cinematógrafo, que en ése tiempo tenía ya un gran desarrollo tecnológico y de creación de "realidades".

Todo lo anterior llevó a la televisión a un impresionante desarrollo tecnológico y de surgimiento de equipos, cuyo fin consiste solo en manipular la representación electrónica de la imagen ( captada de la realidad o creada en los propios aparatos), para quitarle o agregarle elementos, modificarla, cambiarle el espacio temporal, etc.

El resultado de todas las necesidades creadas a partir de las posibilidades tecnológicas existentes en la actualidad, así como la constante evolución de las mismas, obliga a todas las productoras y transmisoras de programas de televisión, incluyendo a la Televisión Universitaria, a mantenerse en constante actualización tecnológica, para no quedarse rezagada con respecto a las demás.

Por tal razón, consideramos necesario un estudio del equipamiento con que cuenta TV UNAM , para saber si se tiene la posibilidad de elaborar los diferentes tipos de programas que se requieran, tomando en cuenta que la operación de un canal propio universitario crea nuevas necesidades de

producción; debido a esto, realizaremos una descripción de los diferentes equipos que tiene la dependencia, así como de sus posibilidades.

### **4.1.1.- Equipos portátiles.**

Aunque todos los sistemas de grabación y reproducción de audio y video existentes en TV UNAM tienen el mismo objetivo ( la producción de un programa para ser transmitido por televisión), éste resultado puede obtenerse utilizando solo uno de los diferentes sistemas que tenemos en la Dependencia y que analizaremos en éste capítulo, o puede ser necesario el uso de todos los tipos de recursos existentes en ella.

En el caso de los equipos portátiles, cada uno consta de una cámara de video y una videograbadora, que incluye la grabación de sonido en dos canales, conectándole micrófonos externos.

El propósito de éstos aparatos es el de poder grabar video y audio en exteriores y en lugares diferentes, para posteriormente llevar las tomas a una sala de postproducción, donde se unirán de acuerdo al guión establecido, para crear el programa con todas las posibilidades que brindan éstas salas, que se explicarán más adelante, a ésta forma de grabar las tomas para producir un programa de televisión se le llama EFP (Electronic Field Production ) porque dichas tomas se graban en "campo" y no en un lugar construido especialmente para eso (estudio), con cámaras electrónicas de video, para diferenciarlas de las grabaciones hechas con cámaras de cine. Porque antes del surgimiento de las cámaras de video portátiles, las escenas exteriores se grababan en película cinematográfica y luego por medio de un telecine se pasaban a cinta de video o se transmitían directamente al aire en el estudio de televisión.

Debido a que el primer y más popular uso de los equipos portátiles fue en los noticieros, por la maniobrabilidad y facilidad de reproducir la cinta con la imagen y sonido grabados de la noticia a transmitir, se les dio el nombre de ENG (Electronic News Gathering). Aunque los primeros sistemas destinados a éste uso fueron de menor calidad que los utilizados en estudio, como el formato U'MATIC, no había inconveniente porque en un noticiero es más importante que el televidente reciba la imagen en el menor tiempo posible, que la calidad de la misma, por tal razón, seguimos viendo en ésta área de la producción televisiva, imágenes captadas por equipos que podrían considerarse obsoletos en programas con calidad broadcast.

En nuestra dependencia, los equipos portátiles pueden utilizarse para las dos áreas de producción, pero se utilizan solo para EFP porque no hay necesidad de transmitir el audio y video de inmediato, por no existir un noticiero.

En los equipos más "antiguos" que se tienen, la cámara y la videograbadora son dos aparatos separados, por lo que el audio y video, así como la señal de orden para que la videograbadora comience a grabar o se detenga, se transmiten a través de un cable múltiple. En dichos equipos hay cámaras de tubos y CCD's, mientras que las grabadoras son formato U'MATIC, llamado también de 3/4 por el ancho de la cinta que utiliza.

Los equipos más actualizados constan de una cámara de video que incluye la videograbadora, por lo que no es necesario otro dispositivo para grabar las señales, ni los cables para llevarlas. La razón de que se haya podido construir una cámara y grabadora en un mismo aparato es el avance tecnológico, que permitió la miniaturización de los circuitos y las partes mecánicas, trayendo consigo la disminución de costo, peso y, sobre todo, de consumo de energía, haciendo posible el alimentarlos con baterías recargables; esta característica es la que los hace portátiles, porque se puede grabar en cualquier lugar en que existan condiciones para ello, aunque no haya fuentes de

energía. De los equipos que constan de cámara y grabadora en un mismo aparato hay en TV UNAM en formato BETACAM y DVCAM, el formato BETACAM ya lo explicamos en el capítulo 3 y como el formato DVCAM es un formato digital se explicará en el capítulo 6; se menciona aquí porque el uso que se le da es el mismo que a los equipos anteriores y las señales de video y audio que entran y salen de éste tipo de aparatos son analógicas.

Los equipos que constan de cámara de video y grabadora separados son:

- 4 cámaras Sony modelo DXC-M7, que utilizan 3 sensores CCD de 2/3", tienen compartimiento para pila con duración de una hora de funcionamiento, fue de las primeras cámaras con CCD profesionales y no tenía integrada la grabadora, por lo que se utiliza junto con una grabadora de formato U'MATIC.
- 5 cámaras Ikegami modelo HL 79E, que contienen 3 sensores de tubo saticón de 2/3", la pila que se les adapta tiene una duración de 1 hora, como éstas cámaras con sus accesorios son muy pesadas (20 kg) y antiguas, casi no se utilizan actualmente, también tienen un cable múltiple para conectarse a una grabadora U'MATIC.
- 4 videograbadoras Sony modelo BVU-110, que graban en formato U'MATIC en cassetes de 20 o 30 minutos con 2 canales de audio y con la capacidad de grabar código de tiempo.
- 4 videograbadoras Sony modelo VO-6800, que graban en formato U'MATIC también en cassetes de 20 y 30 minutos, con 2 canales de audio, pero sin la capacidad de grabar código de tiempo.

Los anteriores sistemas casi no son utilizados porque el formato de grabación ya resulta obsoleto por la inferior calidad de video en relación con formatos recientes, pero los equipos funcionan correctamente y pueden utilizarse en caso de una emergencia.

Utilizando una cámara con su videograbadora se pueden formar 8 sistemas portátiles.

Los equipos que incluyen cámara y videograbadora en un mismo aparato son:

- 2 cámaras Sony modelo DXC-537, con 3 sensores CCD de 2/3", al cuerpo de la cámara se le puede adaptar la grabadora para formar el conjunto, ésta es Sony modelo PVV-1 y graba en formato BETACAM, con 2 canales de audio y código de tiempo, el conjunto utiliza una pila recargable con capacidad hasta de una hora de funcionamiento.
- 3 cámaras Sony modelo DXC-637, con 3 sensores CCD de 2/3", al cuerpo de ésta también se le puede adaptar diferentes grabadoras para formar el conjunto, la que incluye es Sony modelo PVV-3, que graba en formato BETACAM con 2 canales de audio y código de tiempo, utilizan el mismo tipo de pila que las anteriores, con una independencia de 1 hora aproximadamente.
- 2 cámaras Sony digitales, modelo DXC-D35 con 3 sensores CCD de 2/3, a las que también se les puede adaptar la grabadora, que en este caso es igualmente digital, formato DV-CAM, Sony modelo DSR-1, con la posibilidad de grabar 4 canales de audio y código de tiempo, en cassetes de hasta 180 minutos, utilizan las mismas pilas que las anteriores, con una independencia de 1 hora.
- 2 cámaras JVC modelo KY-17U con 3 sensores CCD de 2/3", con grabadora en formato S-VHS JVC modelo BR-S411U, con la posibilidad de grabar dos canales de audio en cassetes de hasta 2 horas, la pila les brinda una independencia de 1 hora.

A los equipos mencionados anteriormente hay que agregarles algunos accesorios necesarios como son los micrófonos, tripie para colocar la cámara en una posición fija, un kit de iluminación con 2 o más lámparas y sus cables, un monitor de 8" a color para verificar la calidad de la señal grabada, y si es necesario varias pilas y un cargador de las mismas cuando las grabaciones son lejos de TV UNAM, además de todos los cassetes y cables que se necesiten.

Los sistemas de grabación no tienen necesariamente siempre los mismos elementos, sino que a la cámara y videgrabadora se le agregan los artículos que se necesitarán, según el lugar donde se realice la toma de audio y video y las necesidades de producción que se tengan, por lo que a cada equipo se le agregarán los elementos que se necesiten, tomando en cuenta que el programa a producirse tendrá una calidad broadcast.

En la figura 4-1 se ilustra un sistema portátil típico utilizado en la dependencia para grabar video y audio en exteriores.

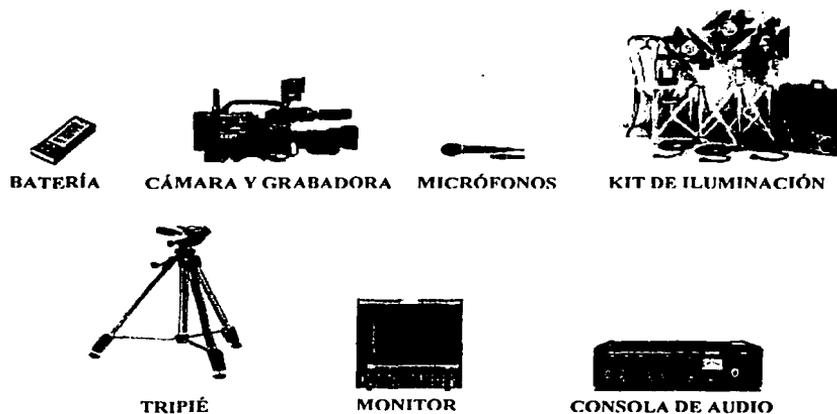


Figura 4-1.- Equipo utilizado en un sistema portátil en TV UNAM.

### 4.1.2.- Estudios y Unidades Móviles.

Como dijimos en el capítulo anterior, en los inicios de la televisión, las transmisiones "broadcast" (Enviar una señal en todas direcciones, para que la capte quien lo desee) se realizaban en vivo, porque no había medios de grabación de video y audio. Tal situación requería la utilización de un espacio, llamado Estudio de Televisión, con las condiciones adecuadas para que la imagen y el sonido fueran de la mejor calidad posible, aparte, debía tener un lugar adecuado para colocar los muchos aparatos requeridos en la transmisión.

Las condiciones especiales siguen vigentes en la actualidad, con algunos pequeños cambios para adecuarlos a las necesidades de la tecnología. Las necesidades de un estudio son, a grandes rasgos, las siguientes:

- Aislamiento acústico y de iluminación.-Esto es requerido para que el sonido no tenga interferencias externas como ruido de vehículos, aviones, voces de personas, etc. Mientras que la iluminación adecuada es fundamental para la calidad de la imagen y debe ser controlada en un 100%, si se utiliza únicamente iluminación natural, habrá áreas con sombras o con excesiva iluminación, aparte de que será variable, lo que demeritará mucho la imagen. Por éstas razones se construyen locales cerrados y con el mayor aislamiento acústico posible.

- **Amplitud suficiente.-** El estudio de televisión debe tener la amplitud suficiente para colocar la escenografía y que las personas a actuar en el puedan moverse según las necesidades del programa, aparte de tener espacio para que las cámaras puedan variar su posición y dar tomas diferentes, sin que alguna salga a escena. La altura también es importante porque debe permitir colocar las lámparas de iluminación del Set sin salir en la imagen ni afectar a las personas con el calor producido. La necesidad de espacio depende del programa producido, pero como un estudio debe ser adecuado para diferentes programas, se aconseja construirlo lo más amplio posible, de acuerdo al presupuesto.
- **Refrigeración.-** Éste elemento es tan importante como los anteriores porque el conjunto de la iluminación, las personas y el equipo electrónico producen una gran cantidad de calor, que si no se desaloja, causa mucha incomodidad a las personas que trabajan en el estudio, aparte del daño sufrido por el equipo al trabajar a temperatura mayor a la recomendada por el fabricante, por tal razón, el aire acondicionado debe destinarse tanto al foro como al lugar donde se coloca el equipo. Una condición a cumplir por éste sistema, es producir el menor ruido posible para no afectar al audio del programa, debido a esto, su implementación resulta más complicada y costosa que un sistema de aire acondicionado normal.
- **Energía eléctrica suficiente e ininterrumpida.-** Los estudios de televisión requieren de amplia disponibilidad de energía eléctrica para la iluminación, por el gran consumo de las lámparas, que puede ir desde 650 hasta 5000 Watts por cada una; y pueden necesitarse hasta 50 o más en un programa, la instalación eléctrica debe soportar el consumo sin problemas y se diseña con una capacidad máxima mayor a la que se pudiera llegar a necesitar. Los aparatos electrónicos no consumen tanta energía como la iluminación, pero es muy recomendable que sea ininterrumpida porque si llega a faltar de manera imprevista, será necesario volver a ajustarlos, y por ser delicados, pueden descomponerse. Por lo anterior es necesario instalar un sistema que reduzca al mínimo la falla de la energía eléctrica, como puede ser un dispositivo que almacene la energía en baterías (UPS = Uninterruptible Power System) para que alimente al equipo electrónico en caso de una falla de la red comercial. Pero debido al alto consumo de la iluminación, no es muy práctico utilizar una UPS en ésta, por lo que en el caso de una transmisión en vivo se puede utilizar un generador propio por resultar más confiable, aunque si el programa en vivo no requiere demasiadas lámparas, puede instalarse una UPS que cubra las dos necesidades por un lapso muy corto (algunos segundos), en lo que se enciende y estabiliza la planta de emergencia, misma que resulta indispensable.
- **Espacios anexos para equipo, operadores y control de realización.-** Como dijimos en un párrafo anterior, un estudio de televisión requiere, aparte del foro como parte principal, de espacios periféricos donde se ubicará el equipo y operadores necesarios en la producción del programa, así como el realizador y asistentes. Todo el equipo y personal puede estar ubicado en una sola sala, pero se recomienda que haya espacios independientes para el equipo y operadores de video, audio, iluminación y control de realización. Es indispensable que estas salas tengan acceso directo al foro para la instalación de micrófonos y otros dispositivos necesarios, también se recomienda que las salas tengan el mismo aislamiento del exterior y línea de vista directa con el foro, aunque no es indispensable.

En el edificio de TV UNAM se construyeron cinco estudios, pero por las necesidades de producción que se tienen actualmente, solo dos están equipados completamente, uno de ellos como tele aula. Las medidas de los 5 foros son las siguientes:

Estudio I	19.4 x 14.4 mts.
Estudio II	14.4 x 14.4 mts.
Estudio III	9.6 x 9.2 mts.
Estudio IV	9.6 x 9.4 mts.
Estudio V	9.6 x 9.4 mts.

Los cinco tienen una altura de 6.8 mts. y cuentan con salas para el equipo y operadores de audio, iluminación y otra para el equipo y operadores de video y control de realización.

Los estudios II, III, IV y V tienen instalado el aire acondicionado, por lo que en caso de ser necesaria su utilización en la producción de programas, éste requisito ya está cubierto, solo el estudio I tiene únicamente el espacio. El estudio II es el equipado completamente, mientras que el adaptado como tele aula es el estudio V. Los cinco foros tienen la amplitud suficiente para cubrir la necesidad de espacio en la producción de programas, pero solo los estudios II y V tienen el suministro de energía eléctrica adecuado por ser los que se utilizan actualmente.

Habiendo hecho las consideraciones anteriores en forma general, para concluir que los estudios de TV UNAM cubren los requisitos de las productoras profesionales, pasamos ahora a detallar el equipamiento con que cuenta el estudio II, ya que el estudio V ( tele aula ), será tratado más adelante, en este mismo capítulo.

Los equipos que pueden considerarse como más importantes en el estudio de televisión son las cámaras y el mezclador de imagen para el video, así como las fuentes y consola mezcladora para el audio, pero se necesitan muchos más equipos para lograr el funcionamiento adecuado de todo el sistema.

### **Área de video del estudio II.**

En el foro del estudio que estamos analizando se cuenta con tres cámaras de video que operan simultáneamente ( # 1 en la figura 4-2), cada una cuenta con su respectivo CCU ( Camera Control Unit) o unidad de control de cámara ( # 2 en fig. 4-2), que como su nombre lo indica, es utilizado para modificar los diversos parámetros de funcionamiento de las cámaras, como son la ganancia de los tres colores, corrección de gama, pedestal, apertura del iris, compensación por longitud de cable, etc, para que la señal de video cumpla las normas del sistema NTSC y el operador de video las ajuste de tal manera que las tres tengan niveles de video iguales con la misma escena ( idealmente), las señales de control y de video necesarias viajan del CCU a la cámara y viceversa a través de un cable con múltiples conductores ( # 3 en fig. 4-2).

De los CCU's, las señales de video de cada cámara van hacia el mezclador de video ( # 4 ), también llamado switcher por su nombre en inglés, en las entradas 1, 2 y 3, en este aparato se realiza el cambio entre una cámara y otra, pero este puede llevarse a cabo de diversas formas, como un corte o cambio instantáneo, una mezcla de dos fuentes, en la que mientras una se va desvaneciendo, la otra va surgiendo, hasta que la primera desaparece y la segunda aparece completamente, otro efecto importante es el wipe, consistente en que la primera fuente se desplaza y el lugar que deja es ocupado por la segunda, este efecto tiene muchas variantes. El switcher del estudio no tiene efectos digitales porque en la producción de un programa en vivo no suelen utilizarse, si se deseara hacer un cambio con un efecto digital en un programa grabado, se puede realizar en una sala de postproducción, que se explicarán más adelante.

Como salidas del mezclador de video tenemos una llamada preview ( PVW o pre- vista), que nos sirve para ensayar algún efecto antes de realizarlo en la salida de programa ( PGM ), ésta salida va a un monitor de PVW ( # 5 ), donde el realizador, también llamado director de cámaras, la podrá observar y decidir si la realiza. La salida principal es la de programa, que está disponible en dos conectores, uno es dirigido hacia el canal A de un monitor de forma de onda ( WFM, # 6 ), un Vectorscopio ( # 7 ) y el monitor de video de programa ( # 8 ), en los dos primeros aparatos el operador de video comprobará y hará las correcciones necesarias para que la señal obtenida del switcher cumpla con las normas, mientras que en el tercero se monitorea la señal de video tal como se va a transmitir o a grabar.

La otra salida de programa, tomada del otro conector disponible, se envía a un distribuidor de video ( # 9 ), un aparato que internamente contiene 6 circuitos amplificadores que no dan ganancia de voltaje, pero si de corriente, para acoplar impedancias; de ésta forma, con una entrada de señal al amplificador, se tienen 6 salidas que se pueden conectar cada una a un aparato con  $75 \Omega$  de impedancia de entrada. La señal de programa entra a 3 circuitos amplificadores, por lo que tenemos 18 salidas de programa disponibles, de las cuales 3 se envían a sendas videograbadoras ( # 's 10 , 11 y 12 ), una al monitor de la sala de iluminación ( # 13 ), otra al monitor de la sala de audio ( # 14 ), otra más al monitor del foro ( # 15 ) para que sea vista por el personal, dos más a un área llamada central de video (que se explicará más adelante), dejándose el resto para otras necesidades.

En caso de que el programa requiera la inserción de video ya grabado en cinta magnética, se envían las salidas de las videograbadoras a las entradas 5, 6 y 7 del mezclador de video, para que puedan ser enviadas al programa, al igual que las cámaras, la entrada 4 se encuentra libre por si se necesita conectar alguna fuente de video extra, como un presentador de documentos, una computadora o una señal externa ( # 16 ), para lo cual se puede necesitar un aparato que convierta el formato de video de la computadora a NTSC, o un sincronizador, necesario para "amarrar" la señal externa al sistema, aunque normalmente se necesitan los dos para una misma señal. El término "amarrar al sistema" se explica en el siguiente párrafo. A la entrada 8 y última se conecta el video proveniente de un generador de caracteres ( # 17 ), utilizado para insertar letras u otros caracteres en la imagen del programa.

Para que las 8 señales disponibles en las entradas del mezclador de video puedan ser utilizadas, es necesario que estén sincronizadas con una sola referencia, tanto en sincronía vertical y horizontal, como en frecuencia y fase de subportadora de color, si alguna de ellas no se encuentra sincronizada, durante la transición de una a otra, en la salida de programa no se mantendrá la misma secuencia de pulsos de sincronía horizontal y vertical, con lo que en el monitor o receptor de televisor se perderá la sincronización de la imagen, percibido por el espectador como una distorsión o desgarre. Otro efecto indeseable es que la subportadora de color tampoco se encontrará en frecuencia y fase correctas, situación inadmisibles por razones explicadas en el capítulo I, lo que se agregará a la situación anterior como pérdida o distorsión del color de la imagen.

Para que las 8 fuentes de video disponibles en el mezclador se encuentren sincronizadas, existe un aparato llamado comúnmente "generador de sincronía" ( # 18 ), cuyo fin es generar una señal de video común, pero conteniendo solo el nivel de pedestal o de negro ( 7.5 IRE ), este video será ingresado a cada aparato que se encuentre conectado al switcher a través de una entrada especial, que puede llevar por nombre REF IN, GENLOCK IN o VBS IN. La señal de referencia, también llamada "Black Burst" por contener solo la ráfaga de color y el nivel de negro, es utilizada por los aparatos para sincronizar la señal de video generada por ellos a una referencia común. El mezclador de video también tiene entrada de referencia por lo que es necesario sincronizarlo a esta, al igual que las fuentes.

Para lograr que el video generado por los aparatos quede sincronizado a la señal de referencia, éstos tienen potenciómetros de ajuste, por medio de los cuales y con la ayuda del WFM y Vectorscopio ( punto 4.2 de éste capítulo), se pueden adelantar o atrasar los pulsos de sincronía y la subportadora de color hasta hacerlos coincidir con la referencia. Cuando los aparatos que lo requieran se encuentran en sincronía, se dice que "están amarrados al sistema".

En caso de que se necesite ingresar al programa una señal de video externa al estudio, por ejemplo la señal proveniente de una videoconferencia, no podrá ser sincronizada al sistema, por lo que será

necesario el uso de un aparato llamado sincronizador (digital frame synchronizer = sincronizador digital de cuadro), mismo que por medio de memorias digitales almacena la señal de video, para después leerla en base al tiempo establecido por la señal de referencia que le ingresa y que será la misma del resto de los aparatos sincronizados. En caso de que la señal a sincronizar transcurra más rápido o más despacio que la referencia del estudio, el sincronizador eliminará o repetirá cuadros, según la situación que ocurra, para hacer coincidir los tiempos del video entrante con la referencia del sistema.

Las 8 fuentes de video que ingresan al mezclador, son derivadas además hacia una botonera o selector de señal ( # 19), por medio de la cual, la señal deseada se enviará al canal B del WFM, Vectorscopio y monitor de PVW, para verificar y/o ajustar los niveles de las 8 fuentes para que cumplan con la norma NTSC y que no haya variaciones de ganancia entre fuente y fuente para una misma imagen.

Los últimos dispositivos importantes del estudio relacionados con el video son los monitores de cada uno de los 8 aparatos que envían video al mezclador, utilizados para verificar la señal que se está generando o reproduciendo en ellos ( # 20 ).

Los equipos utilizados en la parte de video del programa producido en el estudio, así como sus conexiones, se muestran en la figura 4-2.

### **Área de audio del estudio II**

Como dijimos anteriormente, en la etapa de audio, el dispositivo más importante es la consola mezcladora, a la que llegan tanto los micrófonos que provienen del foro, como los aparatos que reproducirán audio grabado, para insertarlo al programa que se está produciendo.

Aunque tanto la consola como los dispositivos grabadores o reproductores de audio tienen sus entradas y salidas conectadas a tiras de "patcheo", para que a través de estas se puedan interconectar como se necesite, la conexión normalmente utilizada es la que se describe a continuación.

La consola de audio ( # 1 en la fig. 4-3 ) tiene 16 canales de entrada, de los cuales, al 15 y 16 se conectan micrófonos ( # 2 , fig. 4-3 ) provenientes del foro. En tanto que a la 13 y 14 ingresan señales de líneas telefónicas, a través de aparatos llamados híbridos ( # 3 ), utilizados para acoplar el audio proveniente de una llamada telefónica a la consola, como las conexiones se realizan a través de la tira de patcheo, puede haber dos micrófonos y dos híbridos, tres y uno o alguna otra configuración, según las necesidades del programa.

A las entradas 7, 8, 9, 10, 11 y 12 se conectan los audios provenientes de las VCR's 1, 2 y 3 respectivamente (recordando que cada una tiene dos canales y están en el área de video), en caso de que sea necesario insertar en el programa audio y/o video grabado. Aunque pueden utilizarse las tres al mismo tiempo, como una o dos de ellas se utilizan para grabar el programa, solo una es utilizada como reproductora, pero por la forma en que están conectadas, las tres pueden utilizarse indistintamente como grabadoras o reproductoras de audio y video.

Las entradas 5 y 6 están conectadas a un reproductor de discos compactos ( CDP, # 4 ), mientras que a las entradas 3 y 4 ingresa audio proveniente de un DAT(Digital Audio Tape, #5), por último, en las entradas 1 y 2 tenemos audio proveniente de la central de video, como en la etapa de video, en caso de que en el programa sea necesario el audio proveniente de una fuente externa al estudio.

En el área de audio se encuentran, además de los anteriores aparatos, un grabador/reproductor de cassetes de audio( # 6 ) y otro de cinta de carrete abierto( # 7 ), mismos que raramente se utilizan,

pero si en alguna ocasión fueran necesarios, están disponibles. Recordando que, como todos los

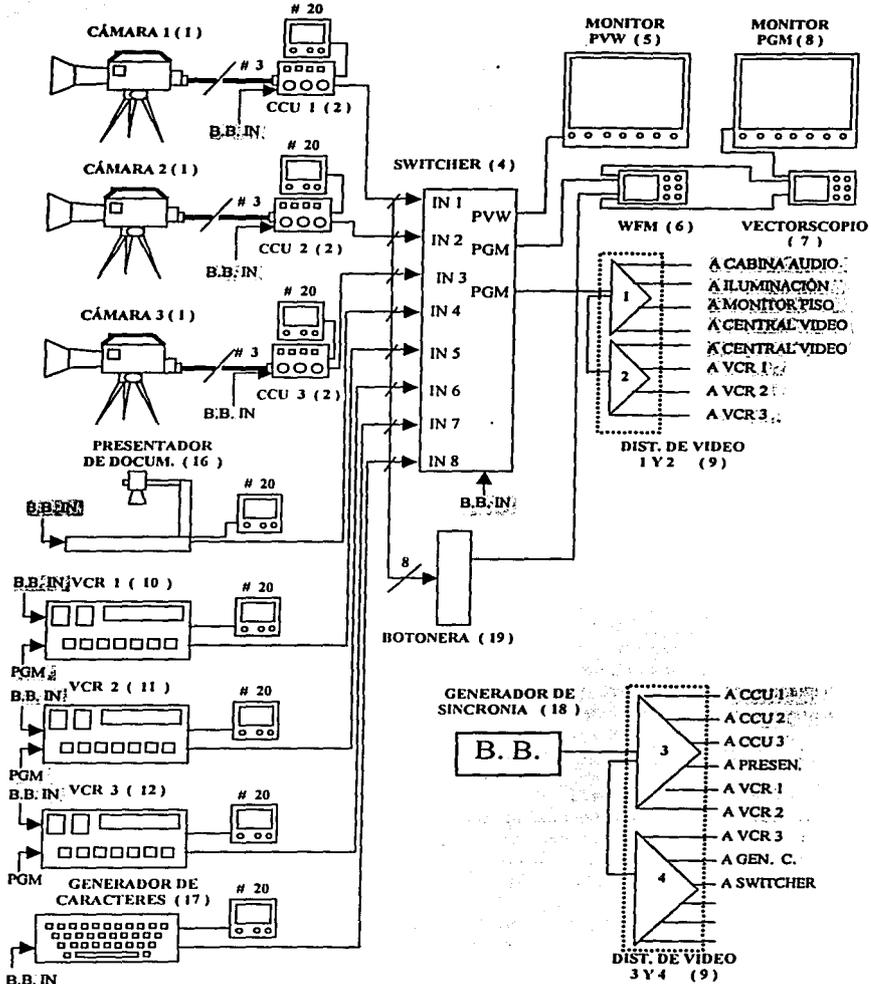


Figura 4-2.- Diagrama de conexiones de la etapa de video del estudio II de TV UNAM.

demás, están conectados a tiras de patcheo, si se necesita utilizar alguno de los últimos, puede desconectarse cualquiera para conectarlo en su lugar.

La consola tiene dos salidas de programa(PGM), con dos canales cada una, a los que llamaremos izquierdo(L) y derecho(R), siendo la misma señal para los respectivos canales de las dos salidas PGM. Cada una de las 16 entradas disponibles puede enviarse al canal L o R o a los dos, según se elija por medio de los controles de la misma, por lo que se pueden tener señales diferentes o la misma en cada canal.

Los canales L y R de la salida PGM1 van hacia dos distribuidores de audio, teniendo la misma función que los distribuidores de video, los dos contenidos en un solo aparato( # 8), cada distribuidor de audio tiene 6 salidas, por lo que se pueden conectar a ellos los canales izquierdo y derecho de 6 equipos.

La primera salida de cada distribuidor va hacia un medidor de nivel de audio(VÚmetro, # 9), donde se verificará que el audio no supere el nivel máximo permitido, la segunda salida de cada distribuidor va hacia un compresor( # 10), utilizado, como su nombre lo indica, para comprimir la señal de audio que supere el nivel máximo permitido. La tercera salida es enviada a un amplificador de potencia( # 11), para que todo el personal que se encuentra en las salas de control del estudio pueda oír el audio del programa. Las salidas cuarta y quinta de los distribuidores se envían a las VCR's 1 y 2 respectivamente.

La salida 6 del distribuidor de la señal L se envía a otro distribuidor de audio( # 12), que también tiene 6 salidas disponibles, de las cuales la primera va, junto con la salida 6 del distribuidor de la señal R a las respectivas entradas del DAT, en tanto que las salidas 2 y 3 del tercer distribuidor van hacia los dos aparatos denominados híbridos, para enviar el audio que se genera en el estudio, por línea telefónica, hacia la persona que se comunica al programa. Las salidas 4 y 5 del mismo distribuidor se envían al grabador de cassetes( deck, # 13 ), quedando la última disponible.

La salida del compresor de audio es enviada hacia la central de video, a través de dos de las cuatro líneas disponibles para la salida, habiendo otras cuatro líneas para que ingrese audio al estudio, dos de ellas asignadas a la consola y las otras disponibles en la tira de patcheo. El audio enviado a la central de video pasa por el compresor para asegurarnos que no superará el nivel permitido en el caso de una transmisión, en tanto que si es grabado, las grabadoras no son tan exigentes en cuanto a niveles y tienen circuitos que evitan la saturación de la señal.

Los equipos y conexiones existentes en la etapa de audio del estudio II se ilustran en la figura 4-3.

### **Área de iluminación del estudio II**

El área de iluminación del estudio II es un sistema eléctricamente independiente de las áreas de video y audio, sin embargo, forman parte del estudio, y desde el punto de vista de la producción de un programa de televisión, deben estar coordinados los tres sistemas, por lo que describiremos someramente como está constituido, para tener una idea de la capacidad con que se cuenta.

El número de luminarias máximo que se pueden alimentar de energía eléctrica en forma segura y para las que se cuenta con tomas de corriente controlada adecuadamente, es de 99, distribuidas en forma de rectángulo de 11 renglones por 9 columnas. Colocadas en una estructura metálica encima del foro del estudio, como se ilustra en la figura 4-4.

Cada luminaria es alimentada con un dispositivo de estado sólido de potencia, por medio del cual se enciende y apaga, además de controlarse la cantidad de luz emitida por la misma, al modificarse el

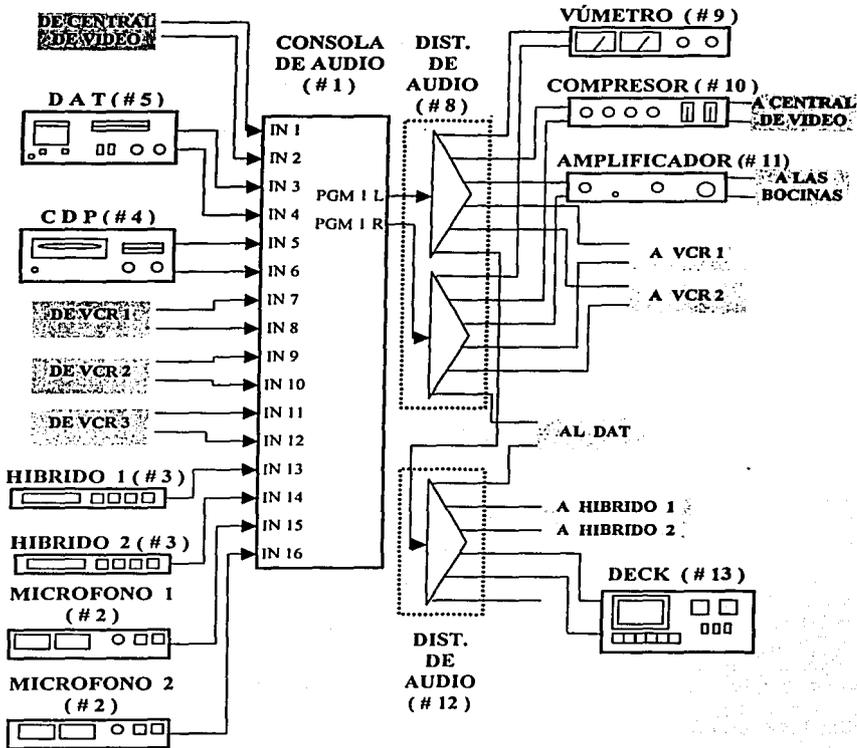


Figura 4-3.- Diagrama de conexiones de la etapa de audio del estudio II

tiempo de conducción del dispositivo de estado sólido( SCR o TRIAC ) que la alimenta.

Los dispositivos de potencia se encuentran ubicados en un gabinete o banco de dimmers adecuadamente refrigerados, en un área especial.

El sistema de control está ubicado junto a las áreas de video y audio, y está compuesto por una consola computarizada, marca Strand Lighting, igual que el banco de dimmers. Desde la consola de control se programan los niveles y tiempos de encendido de cada una de las lámparas, enviándose las órdenes a través de un cable múltiple a una interfase ubicada en un módulo en el banco de dimmers.

No todos los dispositivos que alimentan a las luminarias tienen la misma capacidad, se tienen 64 dimmers con capacidad de alimentar hasta 2.4 Kw., 8 dimmers con capacidad hasta de 6 Kw. y 2 dimmers con capacidad de hasta 12 Kw. Los dimmers de 2.4 Kw alimentan una sola toma para una luminaria, en tanto que a los de 6 Kw., pueden conectarse hasta 3 luminarias y a los de 12 Kw., se les pueden conectar 6, obviamente, las luminarias que se conecten a un solo dimmer prenderán y apagarán al mismo tiempo.

Aunque como se puede ver, la capacidad instalada es muy grande, las luminarias que se conectan normalmente son de 650, 1000 y 2000 Watts, por lo que nunca se ha requerido que algún dispositivo transfiera la máxima potencia que puede drenar de forma segura. Otro aspecto a tomar en cuenta, consiste en que prácticamente en ningún programa es necesario utilizar las 99 luminarias que se pueden conectar al sistema, siendo lo normal que se utilicen 45 en promedio, aunque se pueden instalar las 99 si se traen de otras áreas donde estén disponibles. El sistema completo de iluminación se ilustra en la figura 4-4.

### **Sistema de intercom.**

Un último sistema, que tiene que ver con las tres áreas vistas anteriormente, es el sistema de intercom( comunicación interna), que como su nombre lo indica, tiene como finalidad comunicar internamente a los operadores de los equipos de las tres áreas, al jefe de piso y al director de cámaras. Consiste en un aparato al que llegan y del cuál salen las señales de las cinco personas que necesitan comunicarse entre sí, que son: operador de video, de audio, de iluminación, jefe de piso y director de cámaras o realizador. La comunicación es bidireccional, y por medio de interruptores se puede establecer que lo que dice una de las personas lo escuchen todos, de esta forma es como se trabaja. Cada punto de la intercomunicación tiene un circuito que amplifica el audio proveniente del aparato principal para que pueda ser escuchado, además de un micrófono para enviar la voz del operador hacia el amplificador principal y los demás operadores. Un diagrama simplificado de este sistema se muestra en la figura 4-5.

Una unidad móvil tiene la misma función que un estudio, con la diferencia de no tener el foro especialmente acondicionado. Se utilizan para la grabación o transmisión en vivo de algún evento en exteriores, como un concierto, conferencia, obra de teatro, etc. Para que sea posible la utilización de la unidad móvil, el evento a cubrir debe estar definido de antemano en cuanto a lugar de ocurrencia, hora y fecha, de esta forma, antes de que comience, se pueden instalar las cámaras, iluminación, micrófonos y demás accesorios necesarios en la producción del programa.

### **Unidad Móvil grande.**

El equipamiento que contiene la unidad móvil de TV UNAM es el equivalente a las áreas de video, audio y control de realización del estudio, analizadas anteriormente, con la limitante del menor espacio disponible tanto para los aparatos como el personal, por lo que su ubicación es más compacta. Algunos aparatos son compartidos por los dos sistemas, como las videograboradoras, generador de caracteres, presentador de documentos, convertidor de normas y sincronizador. Lo anterior debido a los recursos disponibles y a que dependiendo de las necesidades de producción, se puede prescindir de alguno de ellos en un lugar y destinarse al otro. El resto de los equipos

necesarios para la operación de la unidad móvil y estudio, si pertenecen a uno y otro sistema, por lo que en un momento dado pueden trabajar los dos al mismo tiempo sin problema.

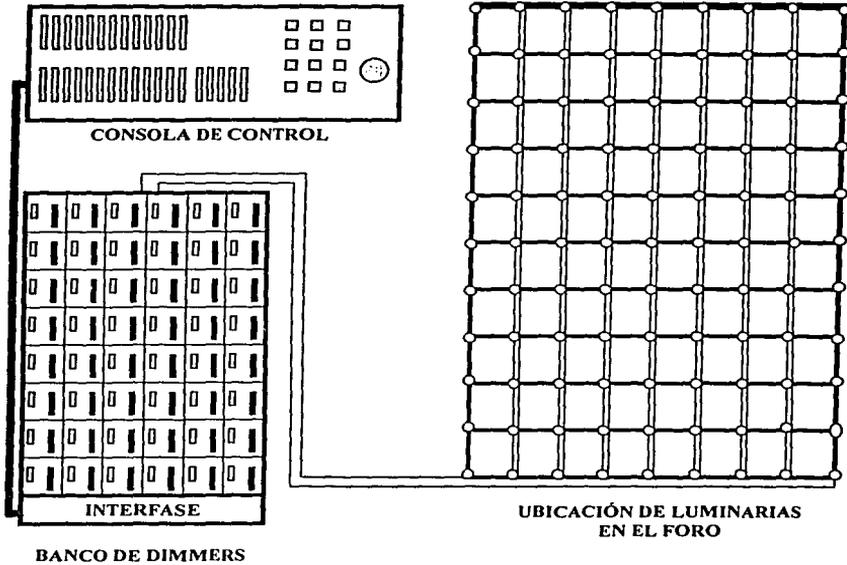


Figura 4-4.- Sistema de iluminación del estudio II

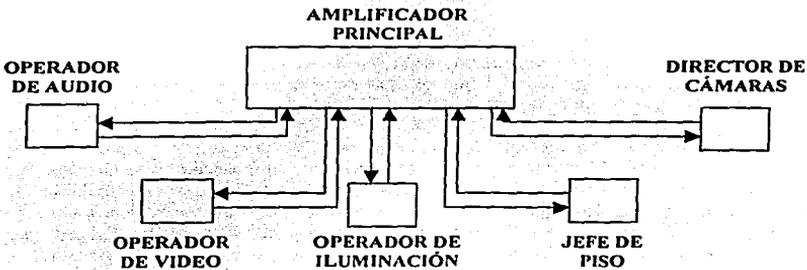


Figura 4-5.- Sistema de intercom del estudio II.

Como el equipo de video y audio de la unidad móvil es prácticamente el mismo que el del estudio, siendo iguales también las conexiones, mostrar los diagramas de ésta sería redundante, por lo que nos remitimos a las figuras 4-2, 4-3 y 4-5. Existen algunas diferencias entre el equipamiento de uno y otra, entre ellas: En la unidad móvil, la consola de audio tiene 12 canales, las cámaras son 3 de dispositivo CCD de modelo reciente, aunque para algunos eventos suelen agregarse otras dos de sistemas portátiles, con su respectivo CCU y cable múltiple, lo que no representa ningún problema, solo hay que agregarlas en el diagrama. No hay lugar para grabadora de audio de carrete abierto, no existe un área de control de iluminación. En contraste con lo anterior, la consola del estudio tiene 16 canales, las cámaras son antiguas, de tubos ( aunque de muy buena calidad y funcionando adecuadamente).

Los requisitos de alimentación de energía y de refrigeración para el equipo son igualmente estrictos, por lo que la unidad tiene un sistema de aire acondicionado suficiente y un sistema de generación de electricidad propio que cubre todas las necesidades del equipo, mismo que se utiliza normalmente para evitar depender de la alimentación de la locación. La iluminación no puede ser abastecida ni controlada desde la unidad, por lo que se utiliza la energía disponible en el lugar, encendiéndose y apagándose antes y después del evento, por medio de luminarias portátiles; igualmente, no se tiene control sobre el ruido ambiental.

Aún con las diferencias entre el estudio II y la unidad móvil principal, la calidad de video, audio, iluminación, así como las posibilidades de producción no difieren de una realización de estudio, salvo por las características propias de un evento llevado a cabo en lugares con dinámica propia, que no dependen de la televisión.

### **Unidad móvil pequeña**

Aparte de la unidad móvil principal, contenida en un camión, se tiene otra unidad más pequeña en una camioneta tipo van, que tiene un equipamiento más limitado, como es un switcher de video con las mismas 8 entradas, pero solo de video compuesto y con menos efectos, en comparación con los del estudio y unidad móvil anteriores, una consola de audio de solo 8 canales, los monitores de video son pequeños para que ocupen menos espacio y las cámaras y videograbadoras son las mismas de los anteriores sistemas.

El equipo que se utiliza en esta unidad móvil no está asignado permanentemente a ella, sino que se toma de la Tele Aula el switcher de video, los monitores de cámaras, programa, videograbadoras y demás dispositivos que lo necesitan, así como el generador de black burst y distribuidores de señal de video y audio. La consola de audio también se toma de éste lugar.

Las cámaras y CCU's se toman de la unidad móvil principal o de sistemas portátiles, tomándose el resto del equipo necesario como videograbadoras, micrófonos, cables, iluminación, etc de las áreas que lo tengan disponible. El equipamiento propio se tiene proyectado para un futuro cercano y no será muy diferente al que se le coloca en la actualidad.

La alimentación eléctrica se toma del lugar del evento porque no cuenta con planta propia, por lo que se encuentra sujeta a las fallas que tenga la línea comercial, sin embargo, tiene un regulador para proteger al equipo de las variaciones que existan. Tiene un sistema de aire acondicionado adecuado para el equipo y personal que ahí labore, así como los paneles de conexiones, tanto de video y audio, como de toma de energía eléctrica necesarios para su operación adecuada. La iluminación del evento se lleva a cabo de manera externa, con luminarias portátiles que se encienden y apagan antes y después del evento respectivamente, como en la unidad principal.

La utilidad de esta unidad radica en su tamaño pequeño, que la hace fácil de instalar en lugares de difícil acceso para la unidad principal, obteniéndose la misma calidad técnica de video y audio que en la anterior o el estudio. La principal desventaja consiste en que por su reducido tamaño, no se puede colocar en ella todo el equipo y personal necesario para una gran producción, pero si es adecuada para programas en los que el contenido visual y auditivo ya viene determinado por el mismo, no siendo influenciado por el personal de producción de la televisión.

El diagrama de equipos y conexiones difiere un poco de la unidad móvil principal y estudio II, pero como en esencia es igual al de la Tele Aula( excepto por dos cámaras robóticas), para darnos una idea de como se encuentra estructurada nos remitiremos a los diagramas de ésta, que será tratada en el siguiente punto.

#### 4.1.3.- Tele Aula.

La llamada Tele Aula es en realidad un Estudio, el V, aunque su foro es menor al del estudio II, tiene espacio suficiente para la producción de programas con menos necesidades de escenografía, como por ejemplo teleconferencias o clases a distancia.

Tiene sistema de aire acondicionado para el foro y el equipamiento electrónico, así como la estructura para la colocación de las lámparas de iluminación necesarias, aunque no tiene el sistema de control por dimmer's del estudio II, por lo que las luminarias deben instalarse y encenderse antes del programa, y apagarse hasta que este ha terminado, teniéndose las tomas de energía en la estructura del foro, por lo que no es necesario instalar cables desde la toma general. La iluminación que se utiliza normalmente es fluorescente, aunque el cableado de alimentación eléctrica es suficiente para las luminarias incandescentes necesarias en caso de utilizarse. La alimentación de los equipos de audio, video e intercom proviene de los mismos UPS que alimentan al estudio II y todo el equipo de producción de TV UNAM, por lo que tiene la misma estabilidad y pocas probabilidades de falla que en los otros sistemas.

#### Area de video de la Tele Aula

La razón de llamarse Tele Aula se debe a que las cámaras son más sencillas que las utilizadas en un estudio normal, son de las llamadas robóticas porque son controladas totalmente desde el área de video por un solo operador, por medio de un aparato que puede comandar hasta 4 cámaras, pero solo una al mismo tiempo. Aunque las cámaras robóticas son solo 2, se suele instalar una tercera cámara que funciona independiente a las dos anteriores, perteneciente al estudio II, unidad móvil o sistemas portátiles, para darle más creatividad al programa.

En cuanto al resto del equipo necesario para el funcionamiento de la etapa de video, es, en cuanto a funcionamiento, igual a los anteriores, tiene como parte principal al mezclador o switcher de video( # 1 en la figura 4-6 ), al que llegan las señales de video de las dos cámaras robóticas comandadas con el control remoto( #'s 2, 3 y 4 en 4-6 ) y la cámara independiente( # 5 en la figura 4-6), teniendo conectadas las VCR's 1, 2 y 3 ( #'s 6, 7 y 8 ) a las entradas 4, 5 y 6, en tanto que a la 7 se pueden conectar un presentador de documentos( # 9 ), o un sincronizador en caso de necesitarse una fuente de video externa a la Tele Aula, asignándose la entrada 8 y última al generador de caracteres( # 10), que al igual que las VCR 's, presentador de documentos y sincronizador, no están asignadas permanentemente a este lugar, sino que se toman de los otros sistemas.

El generador de Black Burst, cuya señal es utilizada para sincronizar a los equipos de video que lo necesitan, es el número 11 en la figura 4-6.

El mezclador de video tiene dos salidas con la misma señal de programa, llevándose una de ellas al canal A del monitor de forma de onda( WFM, # 12 ), Vectorscopio( # 13 ) y al monitor de programa( # 14 ), donde el personal de producción puede ver el producto final de su trabajo, esta salida de programa se utiliza para que el operador de video controle la calidad del video que se graba o transmite. La otra salida de programa es llevada a un distribuidor de video(# 15 ), que como hemos dicho, de una sola entrada nos dá las salidas necesarias para enviarlas a los equipos que así lo requieran, como son: Las VCR's 1 y 2, monitor de piso, central de video( 2) y algunos aparatos mas que necesiten ésta señal.

Tiene el switcher de video una salida de preview o prevista, que se utiliza para ensayar y visualizar como se vería un efecto antes de llevarlo a cabo en el programa, esta salida se lleva a su respectivo monitor PVW( # 16 ). De la misma forma que en el estudio II, la señal que ingresa en las 8 entradas del mezclador de video, es derivada hacia una botonera( # 17 ), a cuya salida tenemos la señal elegida por el operador de video para llevarla al canal B del WFM, Vectorscopio y monitor de PREVIEW, para verificar y en su caso ajustar los niveles de cada uno de los aparatos que proporcionan video al mezclador.

El diagrama completo de la etapa de video de la Tele Aula se muestra en la figura 4-6.

### **Área de audio de la Tele Aula**

El dispositivo más importante del área de audio es la consola mezcladora(#1 en la figura 4-7), la cual es relativamente pequeña en comparación con las del estudio y unidad móvil, por tener solo 8 canales de entrada. A pesar de lo anterior, con estas entradas es más que suficiente porque las señales de audio que necesitan ingresar a ella también son pocas, estas son: cuatro señales de voz, que pueden ser de tres micrófonos( # 's 2, 3 y 4 en 4-7 ) y un híbrido( # 5 en 4-7 ), o dos micrófonos y dos híbridos, aunque también puede asignarse a alguna de estas entradas el audio proveniente de la central de video, a través de alguna de las 2 líneas provenientes de esa área, en los otros 4 canales ingresa el audio proveniente de las VCR's 2 y 3, de un grabador de cassette( # 6 en 4-7 ) o reproductor de discos compactos( # 7 en 4-7 ), esto según se necesite, ya que también en la Tele Aula todas las entradas y salidas de video y audio se hacen a través de tiras de "patcheo", para asignarlas como sea necesario.

Las 8 entradas de la consola pueden asignarse independientemente a uno o los dos canales de la salida de programa, por lo que con los controles puede configurarse como una consola con 4 entradas en estéreo u 8 canales en monoaural, teniendo, en ésta última configuración, cada canal de entrada en las dos salidas de programa si así se desea.

La salida de programa se envía a un distribuidor de audio, del cuál se obtendrán las salidas suficientes para las VCR's 1 y 2, el grabador de cassettes, las 2 líneas que van a la central de video a través del compresor( # 8 ), el amplificador( # 9 ), que permite a todo el personal ubicado en las cabinas escuchar el audio del programa producido, y el VUmetro( # 10 ), que nos indica si el audio del programa tiene un nivel adecuado. El distribuidor tiene salidas extras para alguna necesidad emergente.

La configuración típica utilizada en el área de audio se indica en la figura 4.7.

### **4.1.4- Sala Pola Weiss.**

La sala Pola Weiss es el foro del estudio III, con sus cabinas de video, audio, control de iluminación( utilizadas como oficinas ) y con el aire acondicionado propio de un estudio de televisión, pero como las necesidades de producción actuales y de un futuro cercano, no hacen necesario en este momento su utilización como tal, se adaptó como videosala.

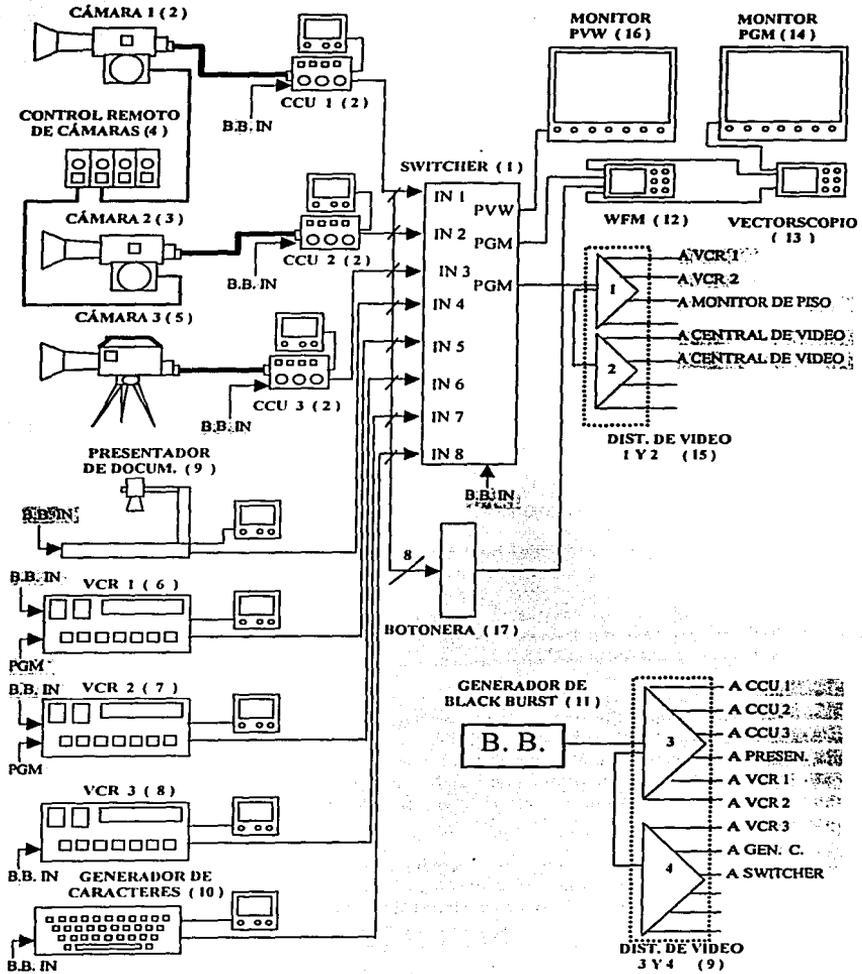


Figura 4-6.- Configuración típica utilizada en el área de video de la Tele Aula.

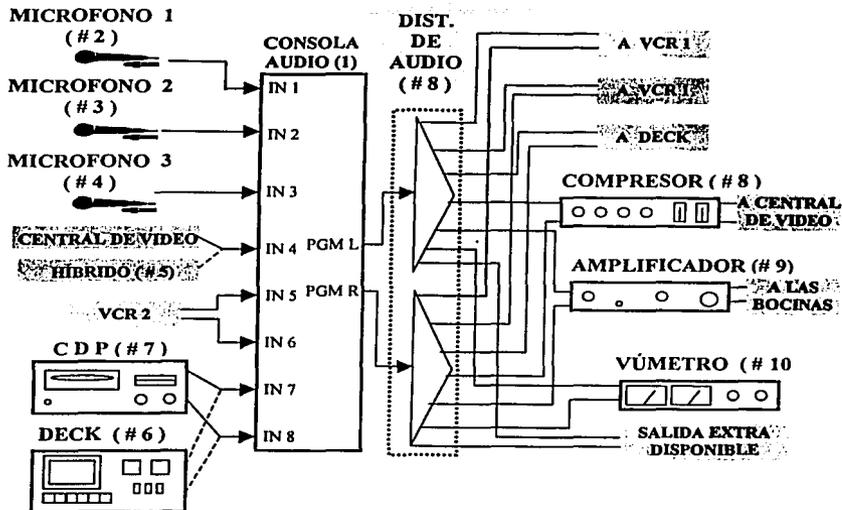


Figura 4-7.- Configuración del equipo de audio de la Tele Aula.

Para acondicionar el foro y proyectar ante público programas grabados en cinta de video, se colocó una pantalla de proyección de 2 metros de alto por 3 de largo y un proyector de video de tres cañones asignado permanentemente al lugar, con la calidad adecuada para la señal de video con formato NTSC, aunque de ser necesario, se puede colocar en un lugar asignado expofeso, cualquier tipo de proyector portátil; en caso de que se necesite proyectar señal de una computadora o de algún otro formato diferente al NTSC.

En la sala se colocaron butacas para que 56 personas se sienten cómodamente y tengan visibilidad completa de la pantalla. Se colocaron también los aparatos necesarios para reproducir las cintas de video, sean en formato VHS, U'MATIC o BETACAM( esta se lleva de otro lugar cuando se necesita), además de un conmutador para seleccionar la máquina que se está utilizando en ese momento y un amplificador de audio con sus bocinas, para que el publico escuche el audio reproducido. Todo lo anterior dio por resultado una sala de video adecuada para los fines que fue acondicionada.

Cuando la sala Pola Weiss ya estaba en operación, se instaló en la Universidad la red de Videoconferencia, que permite enlazarse a varias sedes de la misma, dentro y fuera de Ciudad Universitaria, así como sedes de otras instituciones nacionales o extranjeras, a través de la red telefónica. El enlace permite la transmisión y recepción de audio y video desde y hacia cualquier sede que se haya conectado a la red.

Debido a que TV UNAM fue designada como una de las sedes de esta red, se buscó el lugar adecuado para instalarla, y la mejor solución fue ubicarla en la videosala, debido a que se utilizaría

toda la infraestructura instalada y no sería necesario modificar ningún aspecto, solo sería necesario agregar el equipo extra, habiendo el espacio suficiente donde colocarlo.

El resultado definitivo fue una sala apta tanto para proyección de videos como para videoconferencias. Como el uso que nos interesa es el de sala de videoconferencias, describiremos su operación desde esta perspectiva; como en este caso el público presente en la misma es muy importante, el esquema de funcionamiento se hará tomándolo en cuenta.

La explicación comienza en los puntos en que ingresa y sale la señal de video y audio a la sala, mismos que son líneas de fibra óptica( # 1 en la figura 4-8 ). Cabe aclarar que el video y audio es transmitido digitalizado y comprimido en base al estándar ITU-T H261, desarrollado especialmente para transmitir video y audio a través de líneas telefónicas a una tasa de 64kbits/sec., debido a la gran compresión que sufren las señales, la imagen es de muy baja calidad, pero como en éstos casos lo importante son las ideas intercambiadas entre los conferencistas, la calidad técnica pasa a segundo plano. Una explicación somera de la norma H261 se dará en el capítulo 6, por lo pronto solo diremos que la señal entra y sale a través de una interfase( # 2 en 4-8 ), que la transforma en señal eléctrica y la traslada a su banda base( 64 Kb/seg. ), ingresando a una computadora( # 3 en 4-8 ), misma que tiene la función de convertirla en video y audio nuevamente. La computadora es una PC sin características especiales, con el sistema operativo Windows 95.

El video y audio provenientes de la red de videoconferencia salen a través de una tarjeta digitalizadora, agregada a la computadora. El video se envía hacia un monitor( # 4 ) para que el público y los conferencistas puedan ver a los participantes en las diversas salas conectadas, en tanto, el audio se envía al amplificador( # 5 ) de la sala para ser escuchado por todos. La computadora tiene una Webcam( # 6 ) y un micrófono( # 7 ) especiales para que de la sala se envíe video y audio a las otras sedes.

Lo que brinda grandes posibilidades, desde el punto de vista de la televisión, es que el sistema permite el envío de una señal extra de video y audio a través de la tarjeta de salida de las señales provenientes de la red. Con esta característica, al sistema de videoconferencia no solo se le pueden enviar las señales de baja calidad de los dispositivos de la propia computadora, sino otras provenientes de una cámara, un presentador de documentos o la señal proveniente de la central de video, con lo que se puede enviar a la videoconferencia imagen y audio de cualquier punto de TV UNAM( # 8 ), dándole a la dependencia la capacidad de enriquecerla con todas las posibilidades que tiene instaladas, mismas que estamos describiendo en este capítulo.

Una posibilidad más existente en la Dependencia, que se utiliza cotidianamente, es el envío de la señal de video y audio de la videoconferencia a la central de video, con lo que puede transmitirse a Ciudad Universitaria por medio del canal 60 de televisión abierta, o por medio de un enlace vía microondas "subirse" a un satélite y que sea captada por las personas interesadas. Todo lo anterior según las necesidades de los participantes en la conferencia.

El esquema de funcionamiento se ilustra en la figura 4-8.

#### 4.1.5- SALAS DE POST-PRODUCCION.

Como se mencionó anteriormente, una vez que se ha grabado el video y audio, éste material se lleva a una sala de post-producción, aquí se unirán todas las tomas necesarias para la elaboración de un material televisivo (programa, documental, serie educativa, etc) todo ello siguiendo un guión establecido. TV UNAM cuenta con dos salas de post-producción, la estructura de éstas salas es la mostrada en la figura 4-9.

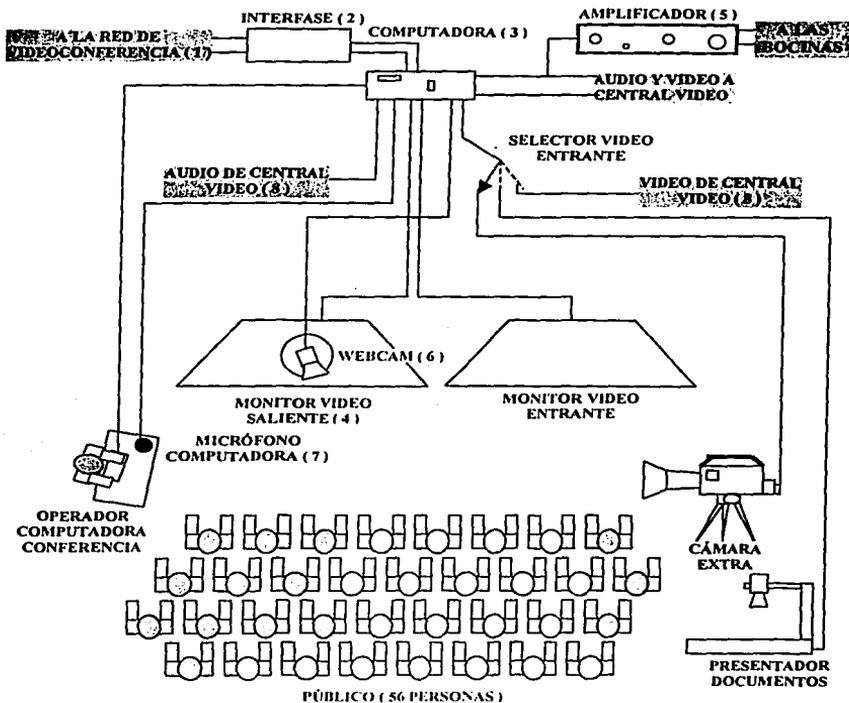


Figura 4-8.- Esquema general de las conexiones en la sala de videoconferencia.

Como puede observarse la sala cuenta con tres máquinas SONY BETACAM SP, y un equipo U'MATIC (3/4), dos de las máquinas SONY (player 1 P1-VTR y player 2 P2-VTR) sólo reproducen, la tercera máquina (recorder R-VTR) se emplea para la grabación del material final.

La máquina de 3/4 se emplea para pasar algún material al formato Betacam o para hacer uso de material grabado en ese formato; cada una de estas máquinas cuenta con un monitor de video para observar el video en cada máquina. La señal que se envía a los monitores se hace por medio de cable coaxial. La señal de salida de cada una de las máquinas P1-VTR y P2-VTR entra por componentes al corrector de video, en tanto que el video proveniente de la U'MATIC es compuesto.

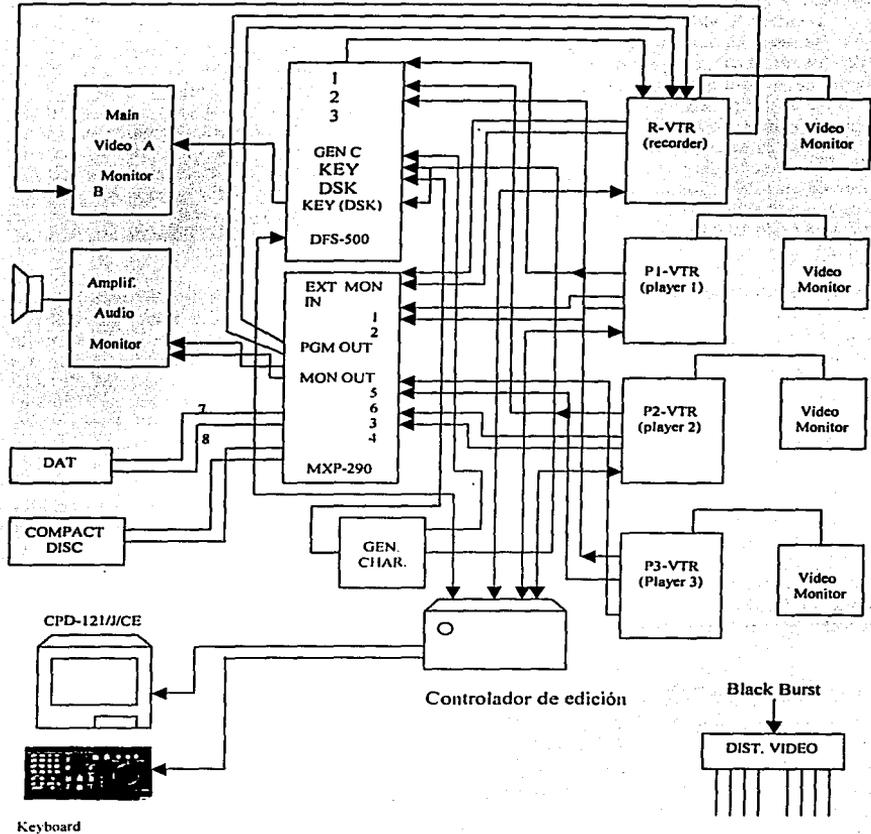


Figura 4-9. Esquema de una Sala de postproducción en TV UNAM.

La corrección básicamente consiste en modificar la ganancia de cada uno de los tres colores aditivos de la señal de vídeo (Rojo, Verde y Azul)<sup>1</sup>, esto es necesario porque como se mencionará más adelante la señal de vídeo debe cumplir con ciertas normas. Después la señal por componentes

<sup>1</sup> Estos colores se analizaron en el capítulo I.

que sale del corrector de video de cada VTR es enviada al Switcher que es básicamente el cerebro en el proceso de elaboración de un material televisivo en la sala de post-producción, consta de un rack donde se encuentra contenida toda la electrónica que hace posible su funcionamiento y un Keyboard o teclado, con este elemento de la sala se puede realizar: las conmutaciones de cada una de las fuentes de video (máquinas P1-VTR, P2-VTR y/o U/MATIC), la inserción de las tomas según las necesidades de producción, efectos de corte (cut), disolvencias (dissolve), wipe, key o ptnky (pattern key), empleados durante la realización de materiales televisivos, la introducción de efectos en el video por medio de un generador de efectos especiales; también recibe la señal proveniente del generador de caracteres (también por componentes) con el cual puede insertarse texto o algún logotipo al material audiovisual, el generador de caracteres también provee al switcher de la señal de KEY, KEY(DSK) y DSK(en componentes), a la salida del switcher se obtiene una señal de video la cual se monitorea en un monitor de video empleando el canal A a través de un cable coaxial, esta señal es la que será grabada por la R-VTR y entra a esta máquina como una señal de video en componentes, el canal B-del monitor de video recibe la señal de video proveniente de la R-VTR por medio de un cable coaxial para observar la calidad de la grabación en ella.

Por otro lado el audio proveniente de las tres VTR'S se envía a un Audio Mixer (mezclador de audio), esta señal de audio es analógica, aquí se mezclan con otras fuentes de audio provenientes de un DAT (Digital Audio Tape) o de un Sistema Reproductor de Discos Compactos (Compact Disc); una vez que se mezcla la señal de audio la señal resultante se envía de forma analógica a través de PGM OUT (Salida de Program) a la R-VTR. La señal de audio obtenida en MON OUT (monitoreo de salida) del mezclador de audio se envía a un Amplifier Audio Monitor (Monitor Amplificador de Audio) para escuchar el audio a través de un par de altavoces. El Audio Mixer también cuenta con una entrada EXT MON (monitoreo externo) cuya función es la de monitorear la señal de audio de la R-VTR.

Por otro lado la P1-VTR, P2-VTR, R-VTR, U/MATIC, Switcher, Corrector de Video, Generador de Caracteres y Monitores, necesitan una señal de referencia, algunos de ellos pueden generar su propia referencia interna, pero para tener sincronizado todo el sistema en la sala de post-producción de TV UNAM se envía desde la Central de Video una sola señal de referencia (generada ahí mismo), esta señal es llamada black burst y llega a un distribuidor de video de la sala de post-producción, no contiene señal de video solamente contiene un nivel de negro, con esto se consigue que todos los aparatos estén referenciados a una misma señal.

#### **4.1.6.- Central de video.**

El área denominada en TV UNAM central de video, se encuentra ubicada en una sala grande, junto con el área de copiado general y copiado múltiple. La función de esta sala es recibir las señales de video y audio de todos los demás sistemas, entre ellos los explicados anteriormente, más otros lugares de donde se necesite traer las señales para reenviarlas a otro lugar donde se necesiten, como copiado, estudio II, transmisión por microondas, transmisión al aire, videoconferencia, Internet, etc. La central de video funciona como un lugar de tránsito y selección para las señales, lo que se realiza por medio del dispositivo más importante de este lugar, el **routing switcher**.

El routing switcher tiene 32 canales de entrada de video y 32 de audio, en estéreo; que pueden ser enviadas o "ruteadas" a otros 32 canales de salida, pudiendo ser esto en la forma que se necesite, es decir, cualquier entrada puede dirigirse a cualquier salida, a dos, tres, etc, hasta las 32 salidas posibles. Al seleccionar el canal de entrada o salida, se seleccionan junto con el los dos canales de audio.

El video y sus señales de audio no llegan y salen directamente de las áreas al routing switcher, sino que llegan primeramente a tiras de patcheo, de donde se podrían enviar manualmente hacia los lugares seleccionados, pero al hacer esto, una entrada solo podría dirigirse hacia una sola salida, porque no pueden tomarse las señales haciendo un loop, aparte, haciendo esto se corta la señal al routing. Las tiras de patcheo de video y audio son autoconmutadas, significando esto que si no se introduce ningún conector para tomar la señal de un punto y dirigirla a otro, este punto se encuentra conectado permanentemente a su correspondiente punto de salida, como lo ilustra la figura siguiente:

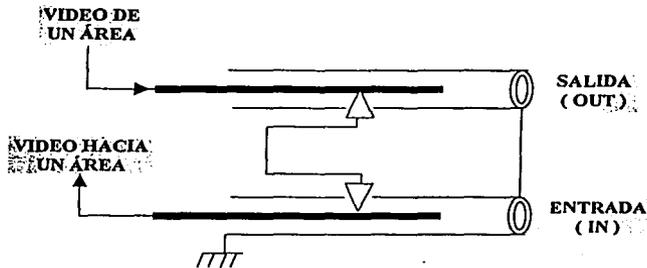


Figura 4-10.- Uno de los 26 pares de conectores de las tiras de patcheo de video y audio de la central de video.

Con el anterior funcionamiento de las tiras de patcheo, no es necesario utilizar ningún conector que una a la entrada o salida de señal, con la entrada o salida correspondiente del routing switcher( # 1 en la figura 4-11 ), solo se colocan las señales en los puntos deseados de la tira para que correspondan a la entrada o salida del citado aparato. Al conectarse de esta forma el sistema en la central de video, en la práctica no es necesario hacer ninguna conexión manual para enviar el video y audio de algún punto a otro(s) a través del routing , únicamente cuando se utiliza alguno de los tres sincronizadores( # 's 2, 3 y 4 ), necesarios cuando hay que ingresar señal de algún lugar que no tenga la misma referencia que la central de video, como puede ser el video proveniente de los receptores de señal vía satélite( # 's 5 y 6 ), utilizados para captar las señales de edusat e hispasat, que serán redirigidas a alguna videoconferencia a través de la sala Pola Weiss( punto 4.1.3 de este capítulo ), o en el caso inverso, la señal de una videoconferencia que se envíe a transmisión abierta o vía satélite.

Las señales de video que necesitan ser sincronizadas a la referencia de la central de video, son las provenientes de satélites, algún canal de televisión abierta. la señal proveniente de la sala Pola Weiss o algún dispositivo que no tenga entrada de gen-lock. Cabe hacer la aclaración de que algunos sistemas, como el Estudio II, Tele Aula, sala de capacitación y área de copiado, aún no se encuentran sincronizados a la central de video, aunque los cables necesarios para enviar la señal de black burst del generador de sincronía( # 7 )de esta área, ya se encuentran instalados en algunos casos, pero por no existir la necesidad en la actualidad de sincronizar estos sistemas con la central, no se ha hecho, optándose por la solución más sencilla, el uso de los sincronizadores.

El routing switcher instalado en la central de video es del fabricante Philips, modelo Venus, este aparato es más que el ruteador de señales que se ha descrito, ya que junto con otro subsistema

llamado Saturno, forma parte de un sistema llamado Júpiter, encontrándose instalado el sistema completo en TV UNAM.

El sistema completo tiene como función no solo rutear 32 entradas hacia 32 posibles salidas, sino que el subsistema Saturno funciona como un switcher para transmisión, teniendo su propia consola de control, desde donde se puede seleccionar la señal a transmitir de un grupo de 16 de las 32 entradas posibles, este grupo está predefinido en la consola de control, las diferentes señales de video y audio necesarias en la operación del subsistema Saturno, se obtienen del routing switcher a través de las primeras 7 salidas de video y audio respectivamente, por lo que desde el panel de selección del routing no se puede asignar señal a éstas salidas, pudiéndose hacer esto solo desde el panel de control del subsistema Saturno.

Aunque el routing switcher está asignado a la central de video y el switcher de transmisión al master de transmisiones, como físicamente comparten varios elementos, es imposible no mencionar en este punto al subsistema Saturno, para tener una visión de todo el sistema( en el siguiente punto detallaremos el máster de transmisiones ). Las 7 señales de video y audio provenientes del routing switcher, asignadas al subsistema Saturno, ingresan a sendos aparatos procesadores( #'s 8 y 9), de donde se obtendrán las señales a transmitir, las de monitoreo y preview, todas enviadas al master de transmisiones.

Como se mencionó en párrafos anteriores, cada subsistema tiene su propio panel de control, que no se interfieren entre sí, pero la comunicación entre todos los elementos se lleva a cabo a través de una red LAN, que es la misma para los dos subsistemas, el software y la configuración del modo de funcionamiento se carga por medio de una computadora PC, aunque una vez asignados los diferentes parámetros y cargado el software necesario, la PC puede apagarse y no volverse a encender hasta que sea necesario modificar algún punto, por ejemplo cambiar alguna de las entradas asignadas al subsistema Saturno.

En caso de no ser necesario encender la computadora, los diferentes componentes del sistema completo se seguirán comunicando entre ellos a través de la red LAN sin que el operador sea consciente de ello. Otros elementos que se encuentran en la central de video, que son necesarios para la operación de la misma, son los distribuidores de video y audio( # 10 ) y un generador de logo, utilizado para insertar el sello de agua de TV UNAM y alguna otra señal de identificación en las salidas deseada del sistema. Tenemos por último un monitor de video y audio, con sus respectivos monitor de forma de onda y Vectorscopio, conectados a las tiras de patcheo, con los que podremos monitorear el nivel y calidad de video y audio de las entradas y salidas, obviamente, esto se puede hacer antes de que la señal a monitorear se esté utilizando, porque como hay que tomarla de la tira de patcheo, se corta la señal de entrada o salida del routing switcher. El diagrama de los elementos que forman la central de video, así como las señales que entran y salen de ella, se ilustran en la siguiente figura, aclarando que una línea representa una señal de video y dos de audio.

### **4.1.7- MASTER DE TRANSMISIONES.**

TV UNAM cuenta con un master de transmisiones, desde aquí se puede tener el control de lo que se transmitirá por televisión abierta a través del transmisor, como se verá más adelante, y el control de las fuentes de video que el canal web transmite, además de seleccionar otras señales de video y audio provenientes de distintas fuentes.

En realidad el master de transmisiones es un subsistema de un sistema llamado Júpiter, este sistema Júpiter está compuesto por los subsistemas Venus y Saturno (master de transmisiones), los

subsistemas Venus y Saturno interactúan por medio de una red LAN con cable coaxial y con topología en Bus. El sistema Júpiter está compuesto por los sistemas antes mencionados, por procesadores de control, estos procesadores son: Procesador VM 3000, Procesador SI 3000 y un Display de Video VG 3000, como puede observarse en la figura (4-12 ), además por el Switcher de Control CP-3000, por el Switcher de Distribución CB 3000 y un Panel MC 3020D.

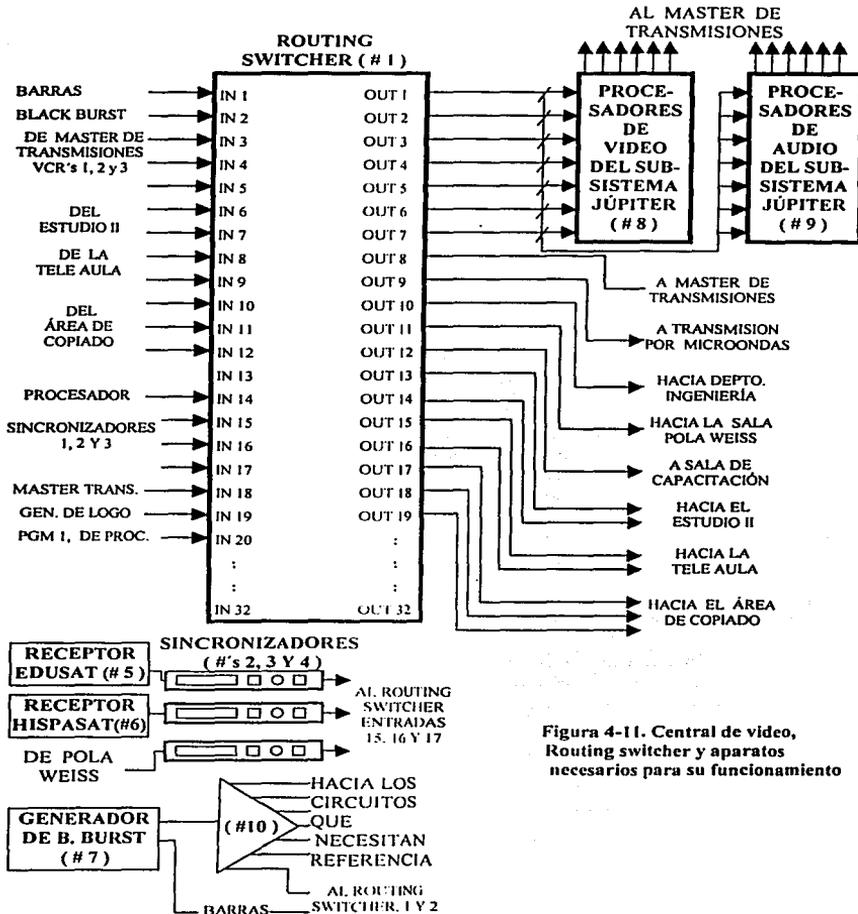


Figura 4-11. Central de video, Routing switcher y aparatos necesarios para su funcionamiento

El Switcher se encuentra ubicado en la Central de Video y también se le llama Routing Switcher. El sistema Júpiter funciona de la siguiente manera:

Las primeras siete salidas del Routing Switcher están dedicadas a la comunicación entre los Procesadores de Audio y de Video, cuando se hace la petición al Switcher para obtener una señal de audio y video, este se la envía a los procesadores de audio y video respectivos (los que hicieron la petición), para después obtener a la salida de cada procesador la señal que se está requiriendo. De la entrada y salida número siete en adelante se ocupan de acuerdo a lo que se requiera en ese momento.

El Switcher tiene una matriz de 32x32, es decir se tienen 32 entradas y 32 salidas - las primeras siete dedicadas a lo explicado anteriormente -, la configuración de la matriz se hace por medio del Switcher CP-3000 según los requerimientos de señal que se tengan en ese momento.

La siguiente figura 4-13, muestra en detalle al Sistema Saturno ó Master de Transmisiones. Como se explicó anteriormente el Routing Switcher entrega a los procesadores de audio y de video la señal respectiva que le solicitaron.

Como se ve en la figura el procesador de video recibe la señal proveniente de la central de video, luego el procesador de video entrega las señales: ON AIR, PROGRAM (PGM) y PREVIO (PVW) a un distribuidor de video, el cual entrega estas señales a: Monitoreo ON AIR (MON ON AIR a través del Canal A del Monitor de Forma de Onda WFM 2), STREAMER 1, STREAMER 2, MON ON AIR (MON ON AIR a través del Canal B del Monitor de Forma de Onda WFM 2), VHS y TRANSMISOR (salidas a, b, c, d, e, f de la figura).

Para el caso de los dos procesadores de audio sucede algo similar, la central de video le entrega a cada procesador de audio la señal que este le solicitó al Routing Switcher, las señales son: ON AIR L (izquierdo), MON A L (Monitoreo A izquierdo), MON B L (Monitoreo B izquierdo), ON AIR R (derecho), MON A R (Monitoreo A derecho), MON B R (Monitoreo B derecho), son dos procesadores de audio porque el audio se maneja con calidad estéreo, así se tiene el canal de audio izquierdo L y el canal de audio derecho R. Cada uno de estos procesadores de audio entrega al distribuidor estas señales, a la salida del distribuidor se tienen las siguientes señales:

STREAM 1  
STREAM 2  
VHS  
TRANSMISOR  
MON DORROUGH (Monitor VÚmetro)

Estas señales se envían a un Compresor/Limitador de audio el cual es empleado para mantener los niveles adecuados de la señal de audio y sin que la señal se vea recortada, después del Compresor/Limitador nuevamente se obtienen las señales anteriormente mencionadas pero con el nivel requerido (salidas 1,2,3,4,5 de la figura).

Es importante mencionar que en el procesador de video se puede modificar principalmente la ganancia de cada uno de los colores aditivos por separado, en el distribuidor de video no se puede realizar esto ya que en este dispositivo la señal se ve amplificada en su totalidad. Lo mismo ocurre en los procesadores de audio L y R.

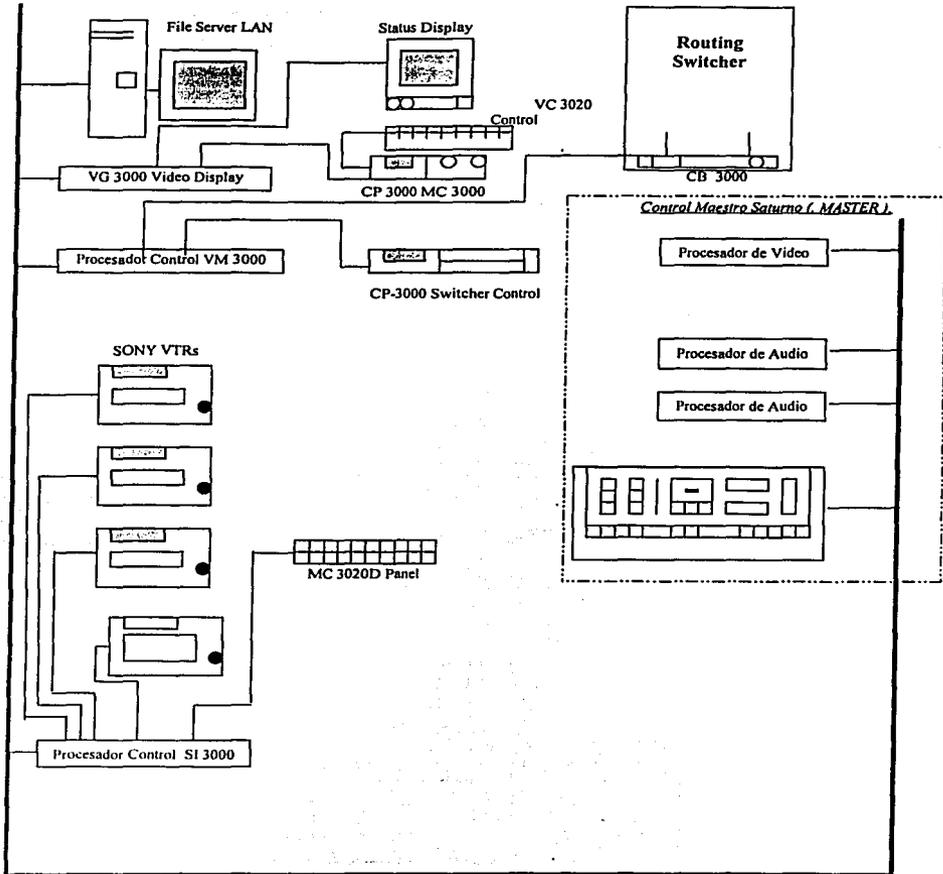


Figura 4-12. Esquema del Sistema Júpiter de TV UNAM.

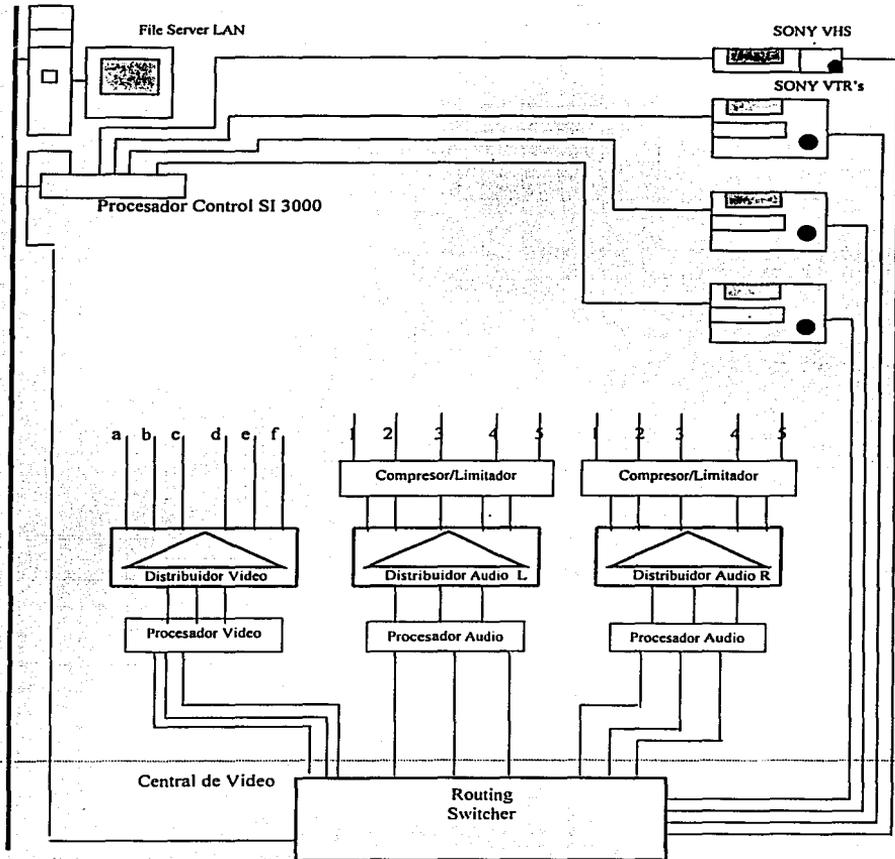


Fig 4-13. Esquema del Master de TV UNAM.

#### 4.1.8- CANAL WEB.

TV UNAM cuenta con un canal vía Internet, este canal transmite de las 9:00 a.m. a las 13:00 p.m. cuyo acceso es por: vía módem o alta velocidad, la programación se basa en la transmisión de documentales, conciertos de la OFUNAM, series producidas en TV UNAM, así como cápsulas de la propia Universidad Nacional Autónoma de México, la transmisión por el momento no es en vivo, todo el material que se transmite es grabado.

La estructura del canal web se muestra en la siguiente figura 4-14.

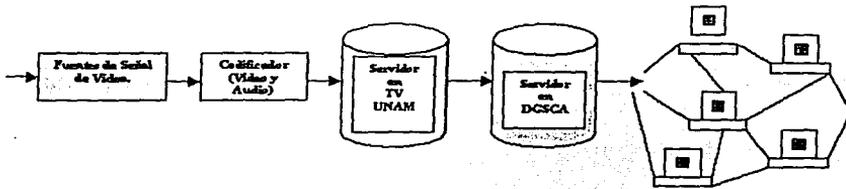


Figura 4-14. Estructura del Canal Web de TV UNAM.

Básicamente el canal web consta de los siguientes elementos, según puede observarse en la figura.

Se tienen las fuentes de señal, que puede ser material grabado en formato BETACAM, o en VHS, aunque se tiene la posibilidad de enviar señal de video proveniente de una microonda, una antena de recepción satelital o desde algún estudio de TV UNAM. La señal proveniente de las fuentes de video mencionadas se envía a un codificador. Esto se hace por medio de una computadora con una tarjeta de captura de señal de video ATI Multimedia y de captura de audio Sound MAX Digital Audio y con el programa llamado Codificador de Windows Media. El codificador sirve para convertir el archivo generado por la tarjeta de captura de video y audio en un formato que pueda ser reproducido por el reproductor de Windows Multimedia. Este es el formato Windows Media Archive (.wma). Es aquí en el codificador, donde se realiza el streamer digital.

El codificador de Windows Media, básicamente contiene tres funciones con las cuales trabaja.

Estas son la Difusión, Captura y Conversión.

**Difundir:** Se transmitirá lo que este software codifique a través de un puerto (para nuestro uso el puerto 8080, el cual está dedicado a la transmisión vía HTTP, es decir vía Internet).

**Captura:** Se capturará una fuente de señal de video (o transmisión en vivo) en un archivo con formato Windows Media Archive (.wma).

**Conversión:** De un archivo creado anteriormente se obtendrá una codificación en formato wma.

Cada uno de estos tres elementos del Codificador tiene una serie de opciones que se eligen según las necesidades que se tengan en determinado momento en TV UNAM.

La pantalla del codificador está dividida en tres partes:

- La pantalla de visualización donde se observa la entrada y/o salida de video.
- El panel de información.
- El panel de audio.

Luego, según puede verse en la figura 4-14, está el servidor, el servidor se usa para transmitir la sesión que está enviando el codificador de Windows Multimedia. Aquí puede especificarse el tipo de transmisión que se realizará. En el caso de TV UNAM, solo se realizan transmisiones multicasting. Aunque existen otras posibilidades.

El servidor mostrará una pantalla, una vez elegido este tipo de transmisión, que se encuentra dividida en dos partes, en una se puede ver la lista de todas las emisoras creadas, en la otra se puede iniciar o parar la transmisión de un programa dado en una emisora, también puede verse aquí el archivo que contiene la dirección IP del codificador y la opción de guardar esta transmisión en un archivo.

Finalmente como ya se ha mencionado, este servidor transmite la sesión que se está enviando al codificador a los servidores de la Dirección General de Servicios de Cómputo Académico (DGSCA) por medio de fibra óptica, es aquí donde el teleauditorio del Canal Web se debe conectar para recibir la transmisión vía Internet.

### **4.2.- Monitoreo de la calidad de la señal.**

Desde que comenzó el servicio público de televisión se han creado cartas de ajuste y señales de prueba especializadas con el fin de normalizar las operaciones de TV y obtener el mejor funcionamiento.

La calidad de un programa de televisión, sea visto como resultado de una transmisión o reproducido de un medio de almacenamiento, depende de varios factores, algunos tienen que ver con la producción( guión, dirección, realización, etc. ) en los cuales la ingeniería no tiene influencia. El otro factor tiene que ver con la calidad técnica de las señales de video y audio, que si depende del área de ingeniería y debe mantenerse en niveles óptimos, porque el espectador es muy sensible a ésta, de poco sirve la creatividad en un programa si la primera impresión que recibe el espectador es la de una mala calidad de imagen o audio.

La señal más sensible a la disminución de calidad es el video, por lo que es a el al que se le pone más atención y quien tiene más equipos y características a controlar, como pueden ser el nivel general de la señal, ganancia diferencial, fase diferencial, distorsión, etc. Cabe hacer la aclaración de que la calidad del video depende también de los equipos empleados en todo el proceso, como son: toma de imagen, almacenamiento, reproducción, proceso y transmisión, esta diferencia de calidad es inherente a ellos y no es posible modificarla, por lo que hay que tomar esto en cuenta al momento de calificar una señal con respecto a otra. Éste punto es notorio al observar programas producidos en los 70's y compararlos con otros producidos recientemente, también es notoria la diferencia de calidad entre programas donde intervienen equipos digitales con alto grado de compresión y programas donde la señal digital sufre poca o nula compresión, o producido con equipo Betacam SP, que hasta el momento sigue manteniendo una alta calidad. En el aspecto anterior no se puede influir porque no es posible mejorar la calidad inherente del equipo, pero si se pueden evitar los efectos producidos por distorsiones o cambios en el nivel de la señal, tanto en programas antiguos como recientes, porque todos son susceptibles de verse afectados, tanto por los equipos que intervienen en el proceso, como por los medios en que viaja la señal de un aparato a otro.

Se realizan algunas pruebas para verificar el funcionamiento de la cámara y el monitor durante la puesta a punto. A continuación se explican los métodos principales que son utilizados para dichas pruebas.

#### 4.2.1 Señales de prueba (Video y Audio).

##### Señal estándar de barras de color.

En general, un generador de barras de color produce señales precisas repetibles de barras verticales de color que pueden utilizarse para procesos de verificación y ajuste. Las señales están codificadas en la frecuencia subportadora de color de 3.58 MHz. Especialmente, la EIA<sup>o</sup> ha desarrollado una señal de barras de color que corresponde al formato de la figura 4-15. Constituye la norma EIA RS-170A. Hay muchas características que facilitan las pruebas de luminancia y color correctas.



Figura 4-15. Barras de Color.

Las tres cuartas partes superiores de la figura anterior incluyen siete barras verticales de igual anchura. La primera de la izquierda es blanca, y luego le siguen las barras de amarillo, cian, verde, magenta, rojo y azul a través del ancho de la imagen. Esta secuencia fue elegida porque los valores de luminancia constituyen una graduación descendente de la señal  $Y$ . De los colores, el amarillo tiene el valor más alto de luminancia del 89%. En el extremo opuesto, el azul tiene la luminancia más baja, del 11%.

La cuarta parte inferior de la altura de la imagen contiene una barra blanca corta con luminancia del 100%, debajo de las barras de amarillo y cian. De esta manera, se pueden comparar estos valores de luminancia con respecto al blanco. Además hay colocadas señales de color de  $-I$  y  $+Q$  a la izquierda y derecha de la barra blanca.

Los primeros generadores producían barras de color que estaban plenamente saturadas al 100%. Este valor significa que las señales  $R$ ,  $G$  y  $B$  están en el codificador al nivel de 100% para el blanco pico, o de 100 unidades IRE. Sin embargo, este método coloca una carga innecesaria en el equipo de transmisión a causa de las excursiones máximas en la señal de croma modulada de 3.58 MHz. Por ejemplo, para la barra amarilla el máximo nivel es del 33% por encima del blanco de pico, debido a la alta luminancia. Además, la baja luminancia de la barra de azul da lugar a amplitudes de señal del 33% por debajo del valor de ajuste de negro. Estos valores extremos hacen que en los casos prácticos no sean necesarias demandas de linealidad en el proceso de la señal, ya que nunca ocurren en las señales reales de cámara colores saturados al 100%.

<sup>o</sup> Electronic Industries Association.

Por lo tanto, la señal estándar de barra de color ha sido ahora reducida a barras de color al 75%. Este porcentaje no significa saturación del 75%, sino simplemente que las amplitudes de la señal R, G y B tienen en el codificador 75 unidades IRE, en lugar de 100. Las barras de color resultantes están todavía plenamente saturadas. Para una barra roja del 75%, por ejemplo, no hay todavía verde ni azul que existan con algún blanco.



Figura 4-16 Señal de video de barras de color al 100%.

En la figura 4-16 podemos observar el oscilograma de la señal de video de las barras de color en la frecuencia de la línea H. Las áreas sombreadas en la forma de onda indican color. En la figura anterior podemos observar que el burst de sincronismo de color tiene una amplitud de  $\pm 20$  unidades IRE.

Los valores marcados en los escalones, tales como + 77 para el blanco y + 28 para el rojo, son los niveles de luminancia Y en cada una de las barras. Para la barra blanca de la izquierda, el valor Y de 0.77 está calculado como sigue. Primero, restando de 100 las 7.5 unidades IRE de ajuste se tienen 92.5 unidades de variación de señal. Luego tomando el 75% de 92.5 unidades resultan:

$$0.75 \times 92.5 = 69.375 \text{ unidades}$$

Finalmente, volviendo a sumar las 7.5 unidades de ajuste se tienen

$$69.375 + 7.5 = 76.875 \text{ unidades}$$

que redondeadas son 77 unidades.

En otro ejemplo podemos calcular el valor de Y de la barra roja. Tomamos el 30% de 69.375 unidades para la barra blanca, que es igual a 28.813. Luego sumamos las 7.5 unidades para el ajuste. La suma es;

$$20.813 + 7.5 = 28.313 \text{ unidades}$$

Este valor se redondea en 28 unidades IRE para el nivel de Y del 75% de la barra del rojo. Se puede seguir el mismo procedimiento para calcular los valores de Y de todas las barras de color.

Los valores de pico de croma de la señal subportadora modulada de 3.58 MHz son los indicados en la figura 4-17, si se tienen en cuenta las 7.5 unidades IRE del ajuste. Así, los valores de la señal C

para el amarillo tienen  $\pm 31$  unidades alrededor del eje Y de 69. El pico está en  $69+31=100$  unidades. El pico de 100 unidades IRE lo alcanza también la barra de cian.

El hecho de que el pico sea de 100 unidades IRE para las barras de amarillo y cian proporciona una verificación útil de las amplitudes relativas. Obsérvese que la barra del 100% de blanco se traslapa una parte de cada una de las barras de amarillo y cian como se ve en la figura 4-17.

En la figura mencionada vemos la forma de onda del oscilograma. Se ve que los picos de croma de amarillo y cian, a la izquierda, llegan justamente al nivel del 100% de la barra de blanco. Esta observación significa que la saturación de croma es correcta. Factores tales como la pérdida en el cable no han reducido la amplitud relativa de la señal de croma de 3.58 MHz.



Figura 4-17.- Señal de prueba de barras de color al 75%.

La figura 4-18 muestra los vectores correspondientes a los valores de croma del 75% de barras de color, representados en coordenadas polares para indicar la amplitud y la fase. Aquí la amplitud es la excursión pico a pico de la señal de croma. Las amplitudes están medidas radialmente desde el centro, indicando los círculos de 20 a 100 unidades IRE. Los ángulos están medidos en sentido contrario a las manecillas del reloj desde el eje de B - Y horizontal en  $0^\circ$ . El eje R-Y es perpendicular a  $90^\circ$ . El burst está en  $180^\circ$ , opuesto a B - Y.

Como ejemplos de lectura de los valores vectoriales, el amarillo tiene una amplitud de 62 unidades IRE con un ángulo de  $167^\circ$ . El color complementario, azul, tiene la misma amplitud de 62 unidades, pero un ángulo de fase opuesto de  $347^\circ$ . Obsérvese que  $347^\circ - 167^\circ = 180^\circ$ . Son ejemplos adicionales 40 unidades en  $33^\circ$  para la señal +Q, con la señal -I de 40 unidades en  $303^\circ$ . Además +Q y -I son perpendiculares, ya que -I es de  $57^\circ$  desde  $0^\circ$  y  $57^\circ + 33^\circ = 90^\circ$ .

#### Señales de prueba en forma de escalera.

Las señales de prueba senocuadradas están destinadas a evaluar las distorsiones de frecuencia y de fase. Para evaluar la distorsión de amplitud o alinealidad del sistema se utiliza una señal en forma de escalera. Dicha señal consiste en una serie de barras verticales en la imagen que comienzan en el nivel de negros y cuyo brillo aumenta en forma proporcional de izquierda a derecha.

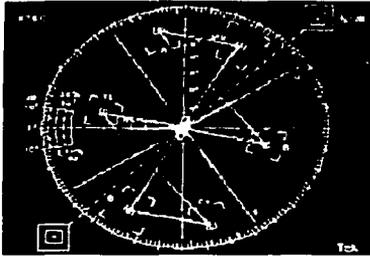


Figura 4-18.- La señal de barras de color vista por medio del vectorscopio.

En la figura 4-19 se puede observar una señal de escalera normalizada que contiene seis escalones con iguales magnitudes entre el ajuste de negro en 7.5 unidades IRE y el blanco pico en 100 unidades IRE. Cada uno de los peldaños de la escalera se encuentra separado con respecto a los peldaños adyacentes 18.5 unidades IRE. Cuando la amplificación es lineal todas las alturas de los peldaños es igual. La compresión en los escalones más altos indica menos ganancia para las amplitudes de blanco. Esta distorsión de amplitud no lineal puede ser causada por polarización incorrecta en un amplificador. Además, insuficiente desviación de frecuencia en un eslabón de microondas FM se puede manifestar como acortamiento de la altura del escalón superior.

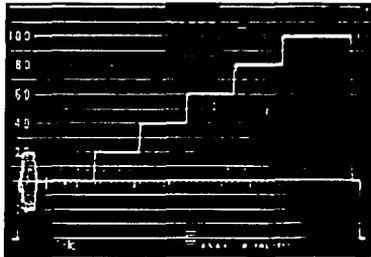


Figura 4-19.- Señal de prueba de escalera, para medir la alinealidad en la señal de video.

Los monitores de forma de onda, que serán explicados mas adelante, están equipados con un filtro paso altas especial que puede ser conmutado para diferenciar la señal escalera. La diferenciación hace visible un cambio de nivel. El resultado en la forma de onda es la aparición de cinco picos en el borde anterior de cada escalón. Cuando la ganancia del amplificador es uniforme, todos los picos tienen la misma amplitud.

La escalera modulada añade una muestra de la señal subportadora de color de 3.58 MHz en una fase fija, - (B - Y) o fase del burst con amplitud de 40 unidades IRE p-p, como se ve en la figura 4-20.

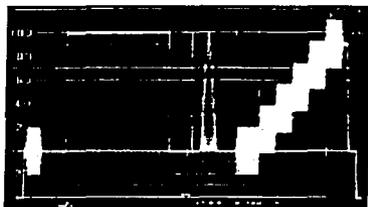


Figura 4-20.- Señal de escalera modulada, para medir la ganancia diferencial de croma.

La escalera modulada sirve para mostrar los efectos de la alinealidad de amplitud de una señal de color. Por ejemplo, los blancos comprimidos actúan comprimiendo la señal de croma en sus niveles más altos de luminancia Y. El amarillo y el cian plenamente saturados aparentan menos saturación.

Para ver los efectos de la alinealidad en la escalera modulada en el monitor de forma de onda, un conmutador selector conecta el filtro de paso banda de 3.58 MHz en serie con la entrada del osciloscopio. El filtro suprime toda la información de la señal Y y sólo permanece la señal de croma. Cuando la amplificación es lineal, las amplitudes p-p de la señal subportadora de 3.58 MHz permanecen iguales en 40 unidades IRE y todas aparecen con la misma amplitud en la forma de onda.

La ganancia diferencial se utiliza para especificar la cantidad de no linealidad como porcentaje. La ganancia diferencial es:

$$Dg = (1 - x/y)100$$

Donde  $x$  es la menor amplitud en la escalera modulada e  $y$  es la amplitud de los escalones uniformes. Las amplitudes son valores p-p del burst de 3.58 MHz en cada escalón de la forma de onda modulada. Cuanto menor sea el valor de  $Dg$ , mejor es la linealidad. Usualmente un equipo bien diseñado tiene una ganancia diferencial igual al 4%, aproximadamente.

#### Señales de prueba en el intervalo de borrado vertical

El tiempo de borrado vertical incluye 21 líneas completas horizontales en cada campo. Las primeras nueve de estas líneas se utilizan para lo siguiente; 3 líneas  $H$  para los impulsos anteriores de equalización o igualación, 3 líneas  $H$  para el impulso de sincronismo vertical y 3 líneas  $H$  para los impulsos posteriores de igualación.

Son necesarios estos impulsos para la información de sincronización vertical, sin embargo, tenemos 12 líneas restantes de las 21 líneas de borrado vertical. Estas 12 líneas se pueden utilizar para insertar señales de prueba entre los impulsos de borrado  $H$  que permanecen en el tiempo de borrado vertical. El sincronismo  $H$  y el burst de color dentro del tiempo de borrado  $H$  no resultan alterados.

Líneas específicas tienen un uso específico para los propósitos de prueba. Para indicar estas líneas específicas, se les numera. El método usual cuenta la línea 1 desde los impulsos anteriores de igualación hasta la línea 21 al final del borrado vertical. La figura 1-13 ilustra los impulsos del borrado vertical.

En el primero y en todos los campos impares, la línea 1 incluye los dos primeros impulsos igualadores. Estos impulsos y las hendiduras en el impulso de sincronismo vertical se repiten a

intervalos de media línea. Hay tres líneas para los seis impulsos igualadores antes del sincronismo V. Luego el impulso de sincronismo vertical almacenado asume tres líneas mas. Los seis impulsos igualadores que siguen al de sincronismo V asumen también tres líneas. Después de estas nueve líneas se cuentan 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20 y 21 hasta el final del borrado vertical.

En el campo segundo y en los siguientes campos pares, la línea 1 es la primera línea completa y no media línea. Aquí, la línea 1 comienza a partir del segundo impulso igualador. Luego continua la cuenta de líneas lo mismo que en los campos impares.

### **Señal de prueba de multiburst.**

La señal de prueba llamada multiburst consiste en una serie de 6 frecuencias senoidales discretas que abarcan el contenido de la señal de video desde 500Khz, hasta 4.2MHz, pasando por 1.5, 2.0, 3.0, y 3.6 MHz. Con una amplitud de 60 IRE, De 11 IRE a 71 IRE, al comienzo de la línea de vídeo se tiene una señal de blanco a 71 IRE. La señal se ilustra en la siguiente figura 4-21.



Figura 4.21.- Señal de prueba de multiburst.

Ésta señal de prueba se utiliza para medir y ajustar la respuesta en frecuencia de cualquier aparato de video, tanto si graba, como si reproduce, o solo lo procesa. El nivel de las frecuencias es de 60 IRE porque si se ajusta la respuesta de una videgrabadora podría ocurrir sobremodulación al interferir la señal de 4.2 MHz, con las señales que se graban en FM.

Si un aparato tiene respuesta en frecuencia adecuada, la señal de multiburst que entra a el, saldrá del mismo con la misma amplitud para todas las frecuencias, como se observa en la figura anterior. En caso de que las frecuencias inferiores, superiores o intermedias, tengan mayor amplitud que las otras, habrá que ajustar la respuesta en frecuencia del sistema, siguiendo las indicaciones del manual del aparato.

### **4.2.1.- Instrumentos de medición de parámetros de la señal.**

Los principales dispositivos que tenemos en TV UNAM para medir y en su caso corregir la señal de video, son el osciloscopio, el monitor de forma de onda y el Vectorscopio.

El osciloscopio es ampliamente conocido en el campo de la electrónica, por lo que no lo describiremos, solo diremos que es fundamental para observar las formas de onda que manejan los circuitos internos de los aparatos, y compararla con la que debería tener, indicada en el manual de mantenimiento de dicho equipo. Mientras tanto, el monitor de forma de onda, WFM por sus siglas en inglés, es en esencia un osciloscopio, adaptado especialmente para presentar la señal de video,

como se describió en el primer capítulo, la pantalla tiene marcados los niveles que debe tener el video, como son el nivel de negro, burst de color, sincronía, blanco al 100%, así como divisiones de 5 unidades IRE desde -40 IRE ( nivel mínimo de sincronía) hasta 120 IRE.

El WFM tiene controles que nos permiten observar solo la luminancia, solo crominancia, o los dos componentes del video, así como controles que permiten ver en la pantalla completa solo una línea horizontal, dos líneas horizontales, el pulso de sincronía, o todo un cuadro de la señal, con el propósito de realizarle medidas y ajustes con precisión, tanto en nivel como en tiempo. La figura siguiente nos presenta un WFM.

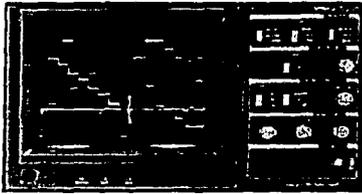


Figura 4-22.- Monitor de video WFM, con la señal de barras de color.

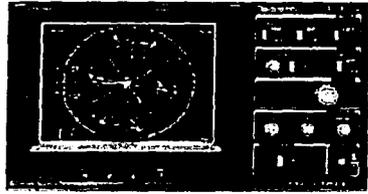


Figura 4-23.- Vectorscopio, con la señal de barras de color

El Vectorscopio es un aparato diseñado especialmente para presentar la señal de crominancia (información de color de la señal de video), la pantalla tiene marcas que nos indican la magnitud de la misma, así como la fase que tiene con respecto a la subportadora de color ( medida en grados, desde 0 a 360), teniendo para esta una indicación, si la señal que expresa al burst se alinea con la marca impresa en la pantalla, los colores que tenga la imagen de video quedarán también alineados con sus marcas correspondientes, como el azul, verde, rojo y los demás que forman la señal de barras de color. Hay además marcas que nos indican donde debe estar la señal I y Q, componentes de la señal de crominancia, que aparecen en las barras de color SMPTE.

Un Vectorscopio es un osciloscopio que da en la pantalla las mismas mediciones indicaciones vectoriales que la figura 4-22. El Vectorscopio utiliza deflexiones X e Y, sin barrido interno horizontal. En el eje X es aplicada la señal B - Y para la deflexión horizontal y la señal R - Y se utiliza para la deflexión vertical. Para suministrar las entradas de las señales B - Y y R - Y se utiliza un decodificador de croma de precisión.

En la figura 4-23 muestra la presentación del Vectorscopio. Los puntos de brillo indican las puntas de los vectores. Están brillantes a causa de que el haz permanece en un punto mientras dura cada una de las barras en la figura de barras de color. Las líneas curvas conectan los puntos y muestran los rápidos cambios de fase y amplitud en las intersecciones entre las barras.

La pantalla del Vectorscopio está calibrada en unidades IRE y ángulos de fase. Los pequeños cuadros indican una tolerancia de  $\pm 2.5$  unidades IRE y de  $\pm 2.5^\circ$  de ángulo de fase. Los bordes más grandes que rodean a cada cuadro indican una tolerancia de  $\pm 20$  unidades IRE y de  $10^\circ$  de fase. También están aquí indicadas las marcas para el burst y las señales I y Q. Se puede ajustar un Vectorscopio para sintonizar el decodificador con una señal de burst de una fuente mientras se muestran las barras de otra fuente. Esta técnica permite adaptar las fases de diferentes fuentes de color.



# CAPITULO V

## EL TRANSMISOR DE TELEVISIÓN PARA EL CANAL DE LA UNAM.

### 5.1 Aspectos generales de la transmisión de televisión.

El método de transmisión de la señal de imagen modulada en amplitud es análogo al sistema más conocido de radiodifusión. En ambos casos se hace que la amplitud de la onda portadora RF varíe con la tensión de modulación. La modulación es la señal de la banda base. Para televisión, la señal de la banda base es una señal video compuesta. La difusión de televisión es prácticamente lo mismo que la del sistema de radio, pero incluye la imagen y el sonido. La señal de sonido asociado es transmitida por modulación en frecuencia (FM) en una onda portadora separada en el mismo canal de difusión que la señal de imagen.

#### Transmisión negativa.

Como podemos observar en la siguiente figura 5-1, el blanco de pico de la señal video produce las amplitudes más bajas de la señal de amplitud modulada (AM) de imagen. Este resultado se obtiene por la modulación de polaridad negativa. La señal de modulación es aplicada en la polaridad que reduce la amplitud de la portadora RF para el blanco de pico en la señal de video. El pico de sincronismo produce la máxima amplitud de la portadora, que está en el nivel del 100%.

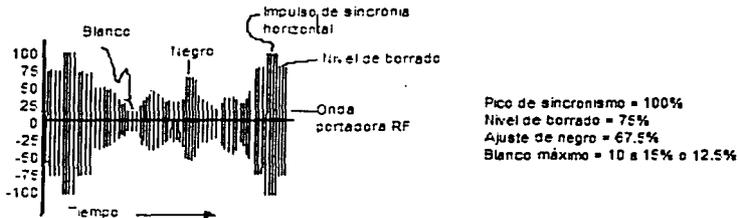


Figura 5-1 Onda portadora de imagen transmitida, modulada en amplitud por la señal de video compuesta.

Los impulsos de sincronismo ocupan el 25% de la máxima amplitud de la portadora. La información de imagen está entre el 67.5% para el negro y un promedio de 12.5% para el blanco o pico máximo.

Una de las ventajas de la transmisión negativa es que los pulsos de ruido en la transmisión de la señal de RF incrementa la amplitud de la portadora hacia el negro, contrario al blanco. Este efecto hace que las falsas imágenes de ruido sean menos obvias en la imagen.

El transmisor utiliza menos potencia en transmisión negativa. Como las imágenes normales en su mayoría son blancas, la amplitud de la portadora es baja la mayor parte del tiempo en que se transmite la información de imagen.

Quizás la ventaja más importante es tener el pico de sincronismo como referencia para la intensidad de la portadora, independientemente de la información de imagen. Un circuito detector de picos puede proporcionar el voltaje de dc que es proporcional a la cantidad de la señal de la portadora de RF. El voltaje de dc se utiliza para el sistema de control automático de ganancia del receptor.

### **Escala IRE y amplitudes de la portadora**

En la señal de video compuesta utilizada como señal de banda base para la modulación, las amplitudes relativas se indican generalmente en la escala de IRE. La señal de video varía a partir de -40 unidades de IRE para el pico de sincronismo hasta 0 para el nivel de borrado y hasta +100 unidades para el blanco. Las amplitudes correspondientes en la figura 5-1 son el nivel de la portadora de 100 por ciento para el pico de sincronismo, 75 por ciento para el nivel de borrado, y 12.5 por ciento para el blanco máximo. En resumen, las 40 unidades de IRE del sincronismo corresponden al 25% de la amplitud superior de la portadora. Las 10 unidades de IRE para el negro corresponden al 7.5% de la señal de la portadora. El nivel de IRE de 100 se convierte en 12.5% de la amplitud de la portadora para el blanco máximo. Realmente 20 unidades mas, hasta 120, corresponden al 12.5% de la amplitud de la portadora que no se utiliza para la modulación. Este porcentaje de la señal de la portadora se calcula como unidades de 20/160 IRE que es 0.125 o 12.5%.

### **Transmisión de banda lateral residual.**

La señal de video de AM no se transmite como señal normal de doble-banda lateral. En su lugar, una parte de la banda lateral más baja se filtra fuera antes de la transmisión, y se mantiene solo un residuo de esta. El propósito es reducir la banda de frecuencias necesarias para la modulación de video. Específicamente, un canal de difusión de televisión utiliza 6 MHz en lugar de 8 MHz o más, que serían necesarios para las bandas laterales dobles con una moduladora de ancho de banda de 4 MHz.

### **Modulación de amplitud.**

En el ejemplo de la figura 5-2 se ilustra cómo se produce una señal, para analizar las bandas laterales. Los números pequeños que se utilizan para las frecuencias es para simplificar los cálculos. La frecuencia portadora de RF se toma como 100 KHz. Es modulada por 5000 Hz, como frecuencia de audio para la moduladora en banda base. El V para el amplificador de RF se asume como un voltaje de fuente de DC de 600 V. El valor máximo del voltaje de modulación de la onda amplitud se asume que es igual a 600 V para así tener el 100 por ciento de la modulación. Las amplitudes que varían de la onda portadora de RF proporcionan una envolvente que corresponde a la señal de modulación de audio. Los picos positivos y negativos de la onda portadora de RF son iguales sobre y debajo del eje de la portadora. La envolvente es simétrica porque un ciclo de la forma de onda del audio incluye muchos ciclos de la señal de la portadora de RF. El resultado de la modulación en este caso es que una señal de la que usa un a portadora de RF en 100 KHz está producida. Su amplitud varía en un índice de 5000 Hz. Cualquiera ya sea superior o inferior de la envolvente corresponde a la modulación de la señal de audio.

### **Frecuencias portadoras laterales.**

La onda de AM es igual a la suma de la portadora de RF sin modular y dos frecuencias laterales. Podemos observar que la señal de la portadora y sus frecuencias laterales tienen un nivel constante. También, la amplitud de la portadora lateral es una mitad del nivel no modulado de la portadora, para 100 por ciento de modulación. Cada frecuencia lateral difiere de la portadora en la frecuencia de modulación de audio. La frecuencia lateral superior en este ejemplo es

$$100\text{kHz} + 5\text{kHz} = 105\text{kHz}$$

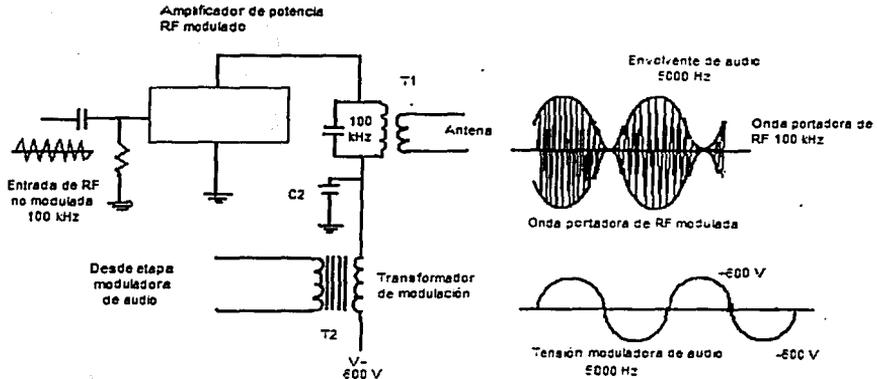


Figura 5-2. Circuito para modulación de amplitud. La portadora RF de 100 KHz es modulada en amplitud por la señal en banda base de 5000 Hz.

La frecuencia lateral más baja es

$$100\text{kHz} - 5\text{kHz} = 95\text{kHz}$$

El proceso de la modulación de amplitud produce automáticamente las frecuencias de las bandas laterales superior e inferior. Una señal de AM se puede considerar en términos de sus variaciones de amplitud o de sus frecuencias laterales. Los dos conceptos son equivalentes. La suma gráfica de las tres formas de onda de la izquierda de la figura 5-3 es igual a la forma de onda de la derecha

Las frecuencias laterales son producidas porque la onda de la portadora modulada de RF es distorsionada levemente de una onda pura sinusoidal por las variaciones de la amplitud. Una inclinación más sostenida genera frecuencias más altas. Menos inclinado corresponde a frecuencias más bajas. Los nuevos componentes de la frecuencia producidos son las frecuencias laterales. Las frecuencias laterales de RF no se deben confundir con la señal de audio. La envolvente de audio tiene una frecuencia de 5000-Hz en este ejemplo. Sin embargo, las frecuencias laterales de RF son 105 y 95 KHz, cerca de la frecuencia de la señal de la portadora de 100 KHz.

#### Bandas laterales.

Cuando la portadora se modula con una señal que tenga una banda de componentes de frecuencia, cada frecuencia moduladora produce un par de frecuencias laterales. En cada par, una frecuencia lateral es más alta que la frecuencia portadora y una es menor. Todas las frecuencias laterales superiores se consideran como la banda lateral superior y todas las frecuencias laterales más bajas se consideran la banda lateral inferior. Las bandas laterales determinan el ancho de banda ocupado por una señal de AM.

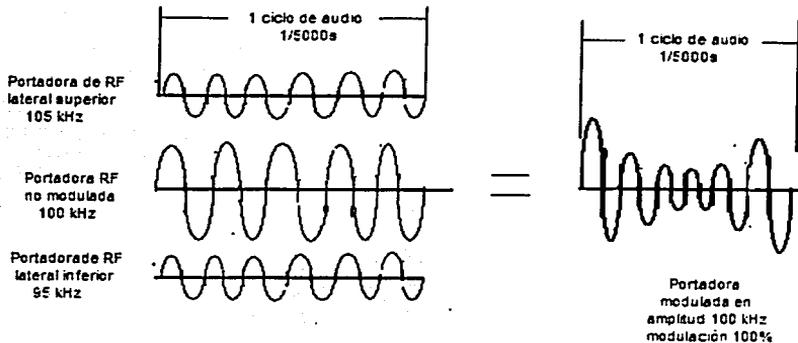


Figura 5-3. Cómo corresponde una onda AM a la portadora RF no modulada más dos señales de portadora RF laterales producidas por la modulación.

En este ejemplo, la portadora está en 100 KHz, pero el ancho de banda es de +/- 5 KHz. Cualquier señal de AM tiene automáticamente bandas laterales dobles. El hecho de que una señal de AM tenga componentes de frecuencia en bandas laterales no hace que sean como la modulación de frecuencia. En FM, la frecuencia portadora de RF varía en el paso de progresión con la cantidad de voltaje de modulación de audio, no su frecuencia.

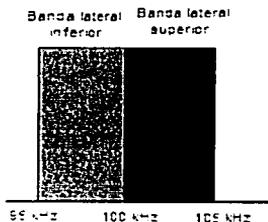


Figura 5-4. las dos bandas laterales son resultado de la modulación en amplitud de la portadora de 100 KHz con todas las frecuencias de modulación de hasta 5 KHz

**Transmisión de banda lateral única [SIGLE-SIDEBAND (SSB)].**

Solo una frecuencia lateral se transmite con la señal de la portadora. En la figura 5-5 podemos observar que la onda modulada resultante tiene variaciones de amplitud para solamente 50 por ciento de modulación, en vez del 100 por ciento de modulación producida con ambas bandas laterales. Por lo tanto, una señal de SSB tiene la mitad del porcentaje de modulación comparada con una señal double-sideband (DSB). Excepto para la cantidad de modulación de amplitud, la envolvente de la portadora más una banda lateral tienen la misma información que la señal en doble

banda lateral. Además, la envolvente de SSB no se corta en la parte superior o inferior de la onda de AM. Observe que una de las bandas laterales se eliminó, pero la envolvente de audio no.

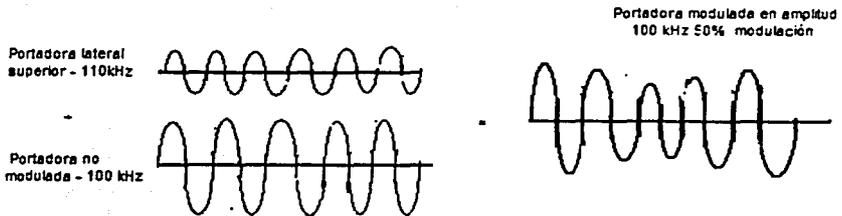


Figura 5-5. Onda de AM consistente en la portadora no modulada y sólo una portadora lateral

### Bandas laterales residuales.

En este método de difundir la señal de video en AM, se utiliza toda la banda lateral superior pero solamente una parte de la inferior. Específicamente, la banda lateral superior tiene todas las frecuencias de modulación de video hasta 4MHz. La banda lateral inferior, sin embargo, incluye las frecuencias de modulación de video solamente de 0 a 0,75 MHz aproximadamente. En consecuencia, la modulación de video a 4-Mhz se puede utilizar en un canal de 6-MHz. Observe que la frecuencia portadora de video no está en el centro del canal, para tener en cuenta las bandas laterales diferentes. La transmisión de la banda lateral usada para la señal de video de AM es señalada por la FCC como emisión tipo ASC .

### 5.1.1 Asignación del Canal.

#### Canales de difusión de televisión.

A cada estación le es asignado un canal 6 MHz por la SCT para transmitir su señal de video en AM y de sonido en FM. La transmisión de la banda lateral se utiliza para la señal de video, para reducir el ancho de banda. El video y el sonido son señales individuales en la onda portadora, separadas por 4,5 MHz.

#### Canales asignados.

Para el proceso de modulación, la portadora de video debe tener una frecuencia mucho más alta que la frecuencia más alta de la señal de video, de 4 MHz. Por esto son asignados canales de TV para las bandas VHF y UHF. La banda VHF comprende de 30 a 300 MHz y la de UHF comprende de 300 a 3000 MHz, en la tabla 5.1 se encuentran indicados todos los canales y sus frecuencias. Se pueden clasificar en tres grupos como se puede observar por las separaciones que existen en la tabla, y son las siguientes:

**CANALES VHF DE BANDA BAJA.** Los canales de VHF de banda baja son los canales 2, 3, 4, 5, y 6, de 54 a 88 MHz. La banda de 44 a 50 MHz era el canal 1, pero ahora estas frecuencias se asignan a otros servicios de radio debido a problemas de interferencia.

**CANALES VHF DE BANDA ALTA.** Estos canales incluyen 7, 8, 9, 10, 11, 12, y 13 de 174 a 216 MHz en la banda de VHF. Observe el salto grande en frecuencias a partir de 88 MHz en la frecuencia superior del canal 6 a 174 MHz en la frecuencia inferior del canal 7. Las frecuencias de

## ANÁLISIS DEL CANAL DE TV DE LA UNAM

88 a 174 MHz no usadas para los canales de televisión son reservadas para otros servicios, incluyendo la banda de 88 a 108 MHz para la difusión de radio comercial de FM.

**CANALES UHF.** incluye los canales 14 a 83 con frecuencias de 470 a 890 MHz. Algunos de los canales son utilizados para servicios especiales. Es aquí en donde se encuentra ubicado el canal de la Universidad Nacional Autónoma de México, canal 60 (746 – 752 MHz).

Canales superiores a partir del 70 a 83 pueden ser reservados para servicios especiales, tales como difusión de TV educativa.

Los canales adyacentes deben ser siguientes en la frecuencia. Por ejemplo, los canales 4 y 5 no son adyacentes debido a un salto de 4 MHz entre 72 y 76 MHz. Sin embargo, los canales 2, 3, y 4 son adyacentes. Del canal 7 al 13 son todos adyacentes. También, todos los canales de UHF.

### Canal adyacente inferior.

Por el ejemplo los canales 59, 60, y 61. El canal 59 es el canal adyacente inferior con el receptor sintonizado en el canal 60. Cuando el receptor se sintoniza para el canal 61, el canal 60 se convierte en el canal adyacente inferior.

### Canal adyacente superior.

Con el receptor todavía sintonizado al canal 60, el canal 61 es el canal adyacente superior.

**Tabla 5.1**  
**ASIGNACIÓN DE LOS CANALES DE TELEVISIÓN**

NUMERO DE CANAL	BANDA DE FRECUENCIA MHz	NUMERO DE CANAL	BANDA DE FRECUENCIA MHz
1*	-	42	638-644
2	54-60	43	644-650
3	60-66	44	650-656
4	66-72	45	656-662
5	76-82	46	662-668
6	82-88	47	668-674
		48	674-680
7	174-180	49	680-686
8	180-186	50	686-692
9	186-192	51	692-698
10	192-198	52	698-704
11	198-204	53	704-710
12	204-210	54	710-716
13	210-216	55	716-722
14	470-476	56	722-728
15	476-482	57	728-734
16	482-488	58	734-740
17	488-494	59	740-746
18	494-500	60	746-752

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

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

³ Los canales 70 a 83 están también asignados para radio terrestre móvil. Para la televisión se utilizan estos canales de UHF en servicios especiales.

19	500-506	61	752-758
20	506-512	62	758-764
21	512-518	63	764-770
22	518-524	64	770-776
23	524-530	65	776-782
24	530-536	66	782-788
25	536-542	67	788-794
26	542-548	68	794-800
27	548-554	69	800-806
28	554-560	70 <sup>3</sup>	806-812
29	560-566	71	812-818
30	566-572	72	818-824
31	572-578	73	824-830
32	578-584	74	830-836
33	584-590	75	836-842
34	590-596	76	842-848
35	596-602	77	848-854
36	602-608	78	854-860
37 <sup>N</sup>	608-614	79	860-866
38	614-620	80	866-872
39	620-626	81	872-878
40	626-632	82	878-884
41	632-638	83	884-890

### Canal de televisión.

En la figura 5-6 se ilustra cómo las señales de imagen y del sonido están contenidas en el canal de 6-MHz. La frecuencia portadora de video no está en el centro del canal, debido a la transmisión en banda lateral residual. Observe los espaciamientos siguientes para las frecuencias portadoras:

1. El portador P de video es 1,25 MHz sobre el extremo inferior del canal.
2. El portador de sonido S es 4,5 MHz sobre el portador del video, o S es 0,25 MHz debajo del extremo superior del canal.
3. El subportador C del color es 3,58 MHz sobre el portador de video, como modulación en la banda lateral superior.

Ejemplo de frecuencias de canal RF. Ver figura 5-6 para canal 3, el cual es de 60 a 66 MHz.

La portadora de imagen es

$$P = 60 + 1.25 = 61.25 \text{ MHz}$$

La portadora de sonido es

$$S = 61.25 + 4.5 = 65.75 \text{ MHz}$$

La señal subportadora de color es

$$C = 61.25 + 3.58 = 64.83 \text{ MHz}$$

Las bandas laterales de la señal FM de sonido no están indicadas. La señal FM de sonido requiere un ancho de banda de sólo 50 KHz con una desviación de frecuencia de  $\pm 25$  KHz para el 100% de modulación.

Bandas laterales de la señal de imagen. Con transmisión de banda lateral residual, todas las frecuencias laterales superiores hasta 65.25 MHz son transmitidas para modulación de video de 4 MHz. Los valores son  $61.25 + 4.0 = 65.25$  MHz. Las frecuencias laterales más altas pueden interferir con la señal de sonido.

Sin embargo, solo es transmitida la parte de banda lateral inferior hasta aproximadamente 60.5 MHz. Esta frecuencia lateral más baja es para modulación video de 0.75 MHz. Las frecuencias laterales inferiores a 60.5 MHz están en el extremo bajo del canal o fuera de éste.

Cuando la tensión de modulación video tiene una frecuencia de 0.75 MHz, son transmitidas ambas frecuencias laterales superior e inferior.

La frecuencia más baja es

$$61.25 - 0.75 = 60.5 \text{ MHz}$$

mientras que la frecuencia superior es

$$61.25 + 0.75 = 62 \text{ MHz}$$

60.5 y 62 MHz están en el canal. Para este caso, la portador AM de imagen es una señal de doble-banda lateral. Lo mismo es aplicable para cualquier señal de modulación de video con una frecuencia menor de 0.75 MHz. Sin embargo, para las frecuencias video de la modulación más arriba de 0.75 MHz, solamente las frecuencias laterales superiores se transmiten con amplitud normal. Considere la modulación de video de 2 MHz. La frecuencia lateral superior es

$$61.25 + 2.0 = 63.25 \text{ MHz}$$

que están en el canal. Las frecuencias laterales inferiores son

$$61.25 - 2.0 = 59.25 \text{ MHz}$$

que está fuera del canal. En este caso, solamente la frecuencia lateral superior se transmite, como en la transmisión de la banda lateral única. Todas las frecuencias laterales que están debajo del canal son eliminadas por el filtro de la banda lateral en el transmisor. El resultado es transmisión en banda lateral residual para la señal de video de AM. En este método se utiliza transmisión de doble banda lateral para frecuencias moduladas de aproximadamente 0.75 MHz o menos. La transmisión de la banda lateral única se utiliza para frecuencias de modulación de video más altas, a partir de 0.75 hasta 4 MHz. La frecuencia de la subportadora de croma de 64.83 MHz, está separada 3.58 MHz de la portadora de imagen y es una frecuencia lateral superior de la portadora de imagen modulada en el canal 3. En un receptor sintonizado en el canal 3, los circuitos de RF deben dejar pasar 64.83 MHz para obtener la señal de color.

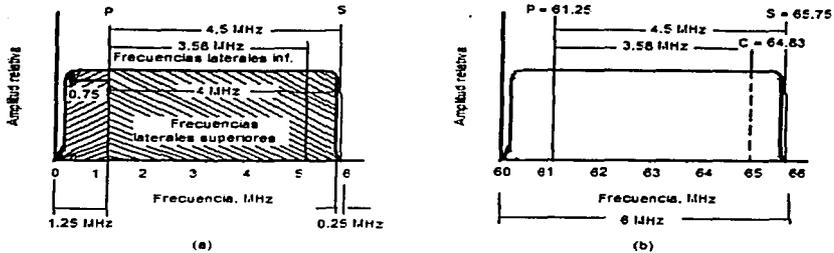


Figura 5-6. Como se utilizan las frecuencias en el canal normal de teledifusión de 6 MHz, P es la portadora de imagen, S es la portadora de sonido, C es la portadora de croma. (a) Separaciones de frecuencia, en general, para cualquier canal. (b) Frecuencias específicas para el canal 3 de 60 a 66 MHz.

### 5.1.2 Normas y lineamientos para la transmisión del canal 60.

La Secretaría de Comunicaciones y Transportes emite la "Norma Oficial Mexicana de Televisión, NOM-03-SCT1-93. Especificaciones y Requerimientos para la Instalación y Operación de Estaciones de Radiodifusión de Televisión Monocroma y a Color (Bandas VHF y UHF)" con la finalidad de aplicarla en la instalación y operación de estaciones de radiodifusión concesionadas y permissionadas y sus servicios, en los Estados Unidos Mexicanos.

A continuación mencionamos las restricciones y características que debe de cumplir la UNAM para la transmisión de televisión terrestre. Señalando que son partes exactas de la norma mencionada anteriormente.

### CLASIFICACION DE LOS EQUIPOS TRANSMISORES

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

Para el efecto de la presente norma, los equipos transmisores empleados se clasifican como sigue:

#### TRANSMISOR PRINCIPAL

Equipo transmisor autorizado por la S.C.T. para ser utilizado por una estación durante las transmisiones cotidianas (video y audio).

#### RADIACIONES NO ESENCIALES

Las radiaciones no esenciales, abajo de -4.25 y arriba de 7.75 MHz respecto a la frecuencia portadora de imagen, deben mantenerse a un nivel de 60 dB abajo de la señal portadora y en ningún caso exceder de 1 miliwatt de potencia radiada para cualquier tipo de estación, salvo lo establecido en la parte correspondiente a sistemas de retransmisión de baja potencia.

## **TOLERANCIA EN POTENCIA**

La potencia de salida, aun cuando pueda fluctuar por variaciones en la línea de alimentación de energía eléctrica, no debe incrementarse en más del 10% ni decrecer en más del 15% de la potencia autorizada, excepto en los casos de emergencias previstos en el Artículo 47 de la Ley Federal de Radio y Televisión.

## **CARACTERISTICAS DEL TRANSMISOR DE AUDIO**

### **DISTORSION EN AUDIO**

La distorsión armónica de audiofrecuencia introducida por el transmisor como parte de la distorsión total del sistema, no deberá exceder de la mitad de los valores establecidos en el punto correspondiente a Normas de Emisión, bajo el título de distorsión armónica de audiofrecuencia.

### **NIVEL DE RUIDO POR MODULACION EN AMPLITUD SOBRE LA PORTADORA DE AUDIO**

El nivel de los componentes de modulación en amplitud en la portadora de audio será de 40 dB como mínimo abajo del nivel de la portadora sin modulación dentro de la banda de 50 a 15000 Hz.

### **NIVEL DE RUIDO POR MODULACION EN FRECUENCIA SOBRE LA PORTADORA DE AUDIO**

El nivel máximo de ruido de la portadora de audio para modulación en frecuencia, producido por el transmisor, será de 55 dB abajo de la desviación de frecuencia correspondiente a 100% de la modulación ( $\pm 25$  KHz de excursión).

### **RESPUESTA DE AUDIOFRECUENCIA**

La relación de los valores de voltajes de entrada, empleados para la elaboración de las curvas de respuesta de audiofrecuencia, deberán caer o estar comprendidos entre los límites fijados por las curvas de trazo continuo y discontinuo, correspondiente a la curva de preacentuación constante normalizada.

### **PROFUNDIDAD DE MODULACION**

La modulación total de la portadora de audio, incluyendo la ocasionada por la subportadora, se debe mantener tan alta como sea posible, pero en ningún caso excederá al 100% sobre las crestas de frecuente repetición; por otra parte generalmente no debe ser inferior al 85% sobre las crestas periódicas; pero cuando sea necesario evitar modulaciones objetables, se podrá reducir a cualquier nivel necesario, aún si la modulación es sustancialmente inferior al 85%.

## **CARACTERISTICAS DE TRANSMISOR DE VIDEO**

### **GANANCIA DIFERENCIAL**

La ganancia diferencial, expresada en decibeles, de una onda senoidal moduladora de 3.579545 MHz, superpuesta sobre una señal compuesta escalonada de baja frecuencia, no deberá ser mayor de 1.5 dB para niveles promedio de imagen correspondiente a 10, 50 y 90%, con la región de máxima ganancia utilizada como referencia.

## VARIACION DEL NIVEL DE SUPRESION

El nivel de supresión no debe fluctuar más de 1.5%. Al cambiar de una imagen totalmente blanca a una imagen totalmente negra.

## NIVEL DE BLANCO

El nivel de blanco de la señal modulada será  $12.5 \pm 2.5\%$  del valor de esta misma señal correspondiente al nivel de sincronismo.

## CARACTERISTICAS DE AMPLITUD CONTRA FRECUENCIA

### CARACTERISTICAS DEL CANAL

La respuesta de salida (amplitud contra frecuencia) idealizada del transmisor de video modulado con su equipo asociado incluyendo filtro de banda lateral residual, corresponde a una señal radiada de amplitud constante entre -0.75 y 4.2 MHz con respecto a la portadora de imagen (fpi), para una señal de entrada de video compuesta de amplitud constante, reduciéndose a cero a 1.25 MHz y a +4.5 MHz respecto a dicha portadora (fig.5-7).

Las desviaciones máximas que pueden tolerarse con respecto a las características idealizadas de amplitud contra frecuencia señalada en el párrafo anterior, son:

señales detectadas de color:

- 2 dB , a, 0.5 MHz

- 2 dB , a, 1.25 MHz

$\pm 2$  dB , a, 3.58 MHz

$\pm 2$  dB de 2.1, a, 4.1 MHz (respecto a 3.58 MHz)

- 4 dB , a, 4.18 MHz (respecto a 3.58 MHz)

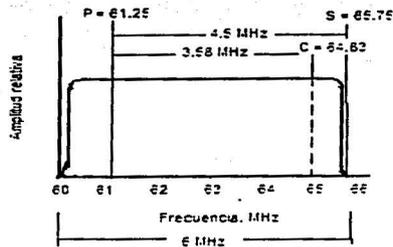


Figura 5-7. Respuesta de señal idealizada de las señales radiadas por un transmisor de video que utilice filtro de banda lateral residual inferior.

## **ATENUACION DE BANDAS LATERALES**

La intensidad de campo o voltaje de radiofrecuencia de la banda lateral inferior de -1.25 a - 4.25 o de la banda lateral superior de + 4.75 a + 7.75. De la frecuencia portadora de imagen (fpi), radiada o disipada, debe ser atenuada cuando menos 20 dB respecto a las señales a fpi + 200 KHz. Adicionalmente, para transmisores en color la frecuencia de 3.579545 MHz abajo de la portadora de imagen debe ser atenuada cuando menos 42 dB.

Para el caso de transmisores que operen en los canales 14 al 69 y que entreguen una potencia de cresta máxima de video de 1000 Watts o menos, no será necesario atenuar la banda lateral inferior. Sin embargo, si se causan interferencias a la recepción de otras estaciones por la emisión de la banda lateral inferior fuera del canal, deberán satisfacerse los requisitos señalados en el párrafo anterior.

En este caso, las desviaciones máximas que pueden tolerarse con respecto a la característica idealizada de amplitud contra frecuencia son las mismas que para televisión monocroma, excepto que a 3.58 MHz arriba de la portadora de video, la desviación no deberá exceder de - 8 dB.

## **ESTACIONES COMPLEMENTARIAS**

### **ZONA DE SOMBRA**

Con el fin de que en aquellas poblaciones o zonas pequeñas en las que por alguna causa no se reciba la señal con la intensidad necesaria proveniente de una estación de origen, se podrán emplear equipos que reciban a través del espacio la señal radiada por una estación de televisión, o a través de otros equipos mediante enlace radioléctrico, línea física, o vía satélite, retransmitiéndola con la potencia mínima necesaria para que sea recibida directamente en una población o zona que se desee servir, siempre y cuando el contorno producido por esta no rebase el contorno de 47 dBu para los canales 2 al 6, 56 dBu para los canales 7 al 13 y 64 dBu para los canales 14 al 69, del área de servicio registrada por la S.C.T., de su estación principal.

### **ESTACIONES DE BAJA POTENCIA**

Es una estación que por sus características de operación, cubre un área o zona pequeña, su rango de operación es de 100 W para los canales 2 al 6, 350 W para los canales 7 al 13 y 4500 W para los canales 14 al 69, y la altura del elemento radiador sobre el nivel del terreno de 30 metros para todos los casos.

### **ASIGNACION DE FRECUENCIAS**

La asignación de frecuencia de los equipos de zona de sombra y estaciones de baja potencia la hará la S. C.T., de acuerdo a los estudios que se efectúen, en cada caso particular.

Los equipos no deberán radiar señales de ninguna otra estación que no sea la autorizada, ni se asignará señal de identificación individual a cada equipo, sirviendo la transmisión principal de identificación.

### **TOLERANCIA EN FRECUENCIA**

El oscilador local debe mantener la estabilidad de la frecuencia de operación dentro de:

0.02% De la frecuencia portadora de video y la frecuencia central de la portadora de audio asignadas.

## **RADIACIONES NO ESENCIALES**

Las emisiones tales como productos de intermodulación y armónicas de radiofrecuencia no esenciales para la transmisión de la información de audio y video, que se presenten en frecuencias a más de 3 MHz arriba o abajo de los límites superior e inferior del canal asignado, no deben ser superiores a 5 miliwatts.

Se evitará que dichas emisiones ocasionen interferencia a la recepción directa de cualquier otra señal de televisión que opere en el mismo canal o en un canal adyacente, o en aquellos otros equipos de telecomunicación autorizados, ya sea reduciendo la emisión, o por cualquier otro medio técnico.

## **POTENCIA**

La potencia de los equipos de zona de sombra y estaciones de baja potencia, será la que determine la S. C. T. en función a su ubicación con respecto del contorno protegido de la estación principal, los cuales se sujetarán a lo establecido, en su caso, a los Convenios correspondientes. En todos los casos, la potencia se limitará a la necesaria para cubrir la zona a servir.

## **CARACTERISTICAS TECNICAS DE LOS EQUIPOS**

Los equipos transmisores deben reunir las características que se indican a continuación:

- No será necesario que estos equipos cuenten con filtro de banda lateral residual inferior. Sin embargo, si se causan interferencias a la recepción de otras estaciones autorizadas por la emisión de la banda lateral inferior fuera del canal, deberán satisfacerse los requisitos señalados en la Parte 11.17.
- Los convertidores de frecuencia y amplificadores asociados deben estar diseñados de tal forma que las características eléctricas de las señales de televisión que se reciban, no sean alteradas al pasar a través de los circuitos, excepto en el cambio de frecuencia y la amplitud, en el caso de trasladadores. La respuesta de los aparatos no debe variar en más de 4 dB cuando el equipo trabaja a su potencia normal.
- Los aparatos deben incluir circuitos automáticos que mantengan constante dentro de 2 dB la potencia de cresta de salida cuando la intensidad de la señal de entrada esta variando sobre un margen de 30 dB y asegurar que la potencia de salida no exceda la potencia nominal.
- Los aparatos estarán equipados con medidores adecuados o puntos de medición para tomar lecturas de voltaje o corriente del paso final de RF.
- El alambrado, el blindaje y en general la construcción de los equipos debe estar de acuerdo con las normas oficiales mexicanas fijadas por la Secretaría de Comercio y Fomento Industrial.
- El equipo debe ser instalado en gabinetes, a fin de que sean protegidos contra fenómenos atmosféricos.
- Los efectos de intermodulación que pudieran generarse en los equipos deben ser eliminados de la transmisión para que estos no constituyan una fuente potencial de interferencias.

- Debe asegurarse que los circuitos del equipo mantengan su estabilidad en condiciones lineales para toda la gama de intensidades de señales a fin de prevenir suspensiones de radiación debido a una operación no lineal y oscilación en cualquier paso amplificador. El aislamiento entre los circuitos de entrada y salida de los equipos, incluyendo los sistemas de antena receptora y transmisora deben ser al menos 20 dB mayor que la máxima ganancia de los equipos.
- Cuando el equipo trabaje a su potencia normal, la amplitud de la señal de audio puede reducirse, si se necesita, para reducir al máximo los efectos de intermodulación o eliminar interferencia entre las señales de imagen y sonido.

### **LOCALIZACION DE LA ANTENA**

El lugar para la instalación de los equipos deberá escogerse de tal forma que proporcione transmisión en una trayectoria de línea de vista al área que se pretenda servir, considerando la potencia aparente radiada y la altura de la antena del radiador, a fin de que cumpla con los valores de intensidad mínima (en decibeles sobre mV/m) en la población principal por servir.

La antena receptora de un trasladador o amplificador deberá estar localizada dentro de las áreas que contengan un contorno de intensidad de campo de referencia como el señalado en el Capítulo relativo a áreas de cubrimiento.

La antena transmisora debe situarse tan cerca del equipo transmisor como sea posible, para reducir la longitud de la línea de transmisión y con esto las pérdidas de potencia consecuentes.

Debe considerarse la existencia de campos de radiofrecuencia que incidan en el sitio en donde se pretende instalar el equipo de televisión, para prever que dichos campos no afecten tanto la recepción de dicho equipo, como que no produzcan efectos indeseables sobre el área por servir.

Debe tomarse en cuenta que el sitio sea accesible durante todas las estaciones del año para facilitar el mantenimiento y operación del equipo.

### **MEDIDORES E INSTRUMENTOS INDISPENSABLES PARA EL FUNCIONAMIENTO DE UNA ESTACION DE BAJA POTENCIA**

#### **MEDIDORES**

Todas las estaciones deben contar con los siguientes medidores, y en condiciones de correcta operación:

Medidor de tensión de la línea de alimentación alterna con conmutador entre fases.

En todos los casos, el amplificador final de radiofrecuencia tendrá medidores para las tensiones y corrientes, indispensables para determinar la potencia de operación.

La instalación de los medidores podrá ser sobre el tablero del transmisor.

#### **INSTRUMENTOS DE COMPROBACION**

Las estaciones de radiodifusión de Televisión deben contar con los siguientes instrumentos de comprobación y en condiciones de operar en cualquier momento:

Generador o generadores de señales de pruebas de escalera, ventana, tren de oscilaciones múltiples, seno cuadrado y sincronismo.

Analizador de banda lateral o generador de barrido.

Monitor de forma de onda.

Procesador de video.

Medidor de frecuencia.(1)

Indicador de nivel de entrada de audio al transmisor.

Monitor de modulación de audio.

Monitor o monitores de video y audio para señales monocroma y de color.

Medidores de tensión y de corriente en el paso final de RF de video, de tensión y de corriente en el paso final de RF de audio y reflectómetro, instalados permanentemente en el transmisor.(2)

Carga artificial con wáttmetro y conmutador.

Detectores.

Medidor de tensión de línea de CA.

Filtro de paso de banda alta (3.58 MHz).

Notas:

(1) En aquellas localidades donde exista un servicio de verificación de frecuencia y la estación lo tenga contratado, la S.C.T. podrá autorizar que no se cuente con medidor de frecuencia.

(2) En los casos en que un transmisor completo se utilice como excitador de un paso final de radiofrecuencia, aquel deberá contar también con los medidores de tensión y corriente. En aquéllos transmisores en los que debido al grado de avance de la técnica no se justifique la instalación de algunos de los medidores requeridos, la S.C.T. podrá eximir de éstos o autorizar el uso de otros al aprobar su memoria descriptiva.

#### AREAS DE CUBRIMIENTO

Estación de televisión. Es una estación de servicio de radiodifusión constituida por un transmisor y sus instalaciones accesorias requeridas, para la emisión de señales de video y audio.

Estación local de televisión Clase III. Es una estación que por su ubicación y sus características de radiación está destinada a servir a una sola ciudad dentro de la zona urbana por servir, delimitada por un contorno de isoservicio de calidad tal que quede incluida dentro de los contornos de intensidad de campo de 74 dB $\mu$  para los canales 2 al 6; de 77 dB $\mu$  para los canales 7 al 13 y de 80 dB $\mu$  para los canales 14 al 69.

#### CONTORNOS DE INTENSIDAD DE CAMPO

En la tabla siguiente se dan los valores específicos de las intensidades medias de campo para las señales de 3 grados de servicio de televisión, correspondientes a cada estación, según la banda de frecuencias de que se trate.

<b>2 AL 6</b>	<b>7 AL 13</b>	<b>14 AL 69</b>
<b>dBμ</b>	<b>dBμ</b>	<b>dBμ</b>
74(3)	77(3)	80(3)
68(2)	71(2)	74(2)
47(1)	56(1)	64(1)

Los contornos marcados con (1) en la tabla anterior, corresponden a los contornos protegidos de la estación, los marcados con (2), se refieren a la señal de referencia para cada grupo de canales, dentro de la que se pueden ubicar sistemas de retransmisión de baja potencia, como lo son los minitransmisores, trasladadores o amplificadores, con el objeto de cubrir zonas difíciles o de nula recepción y los contornos marcados con (3), se refieren a la señal dentro de la cual debe quedar comprendida la ciudad principal a servir.

**5.2 Analisis de la cobertura del canal.**

**5.2.1 Patrón de radiación.**

Como se dijo en puntos anteriores en este mismo capítulo, el canal universitario de televisión fue autorizado por la Secretaría de Comunicaciones y transportes para cubrir el área de Ciudad Universitaria, de acuerdo a la "Norma Oficial Mexicana de Televisión, NOM-03-SCT1-93. Especificaciones y Requerimientos para la Instalación y Operación de Estaciones de Radiodifusión de Televisión Monocroma y a Color ( Bandas VHF y UHF )" y porque el área a cubrir es pequeña en comparación con los canales actualmente en operación, el Canal Universitario de Televisión (denominado XHUNAM TV, canal 60) es clasificado como Estación Local de Televisión Clase III de baja potencia.

Las especificaciones técnicas que deben cubrir este tipo de estaciones son las siguientes:

- Una estación de televisión clase III cubre solo el área metropolitana de una ciudad o municipio, a diferencia de las estaciones clase I y II. ( Capítulo XIII de la NOM- 03-SCT1-93)
- La intensidad mínima que tendrá el campo eléctrico en cualquier punto del área a cubrir será de **80 dBμ μV/m.**( Capítulo XIII NOM).
- La potencia de este tipo de estaciones en la banda de UHF es de 4.5 Kw. Máximo ( Cap. XVIII de la NOM).
- La altura del elemento radiador es de 30 mts. (Cap. XVIII de la NOM).
- Cualquier sistema direccional de antena debe instalarse en forma tal que su diagrama quede orientado en el espacio de manera que la máxima potencia se radíe hacia el área principal por servir. ( Cap. XII de la NOM).

Después del contorno de **80 dBμ μV/m** del campo de radiación de la antena, existe otra área que llega hasta el contorno de los **74 dBμ μV/m**, llamada área de referencia, donde se pueden colocar retransmisores de potencia menor al principal para cubrir áreas de difícil acceso. Después de este tenemos el contorno de **64 dBμ μV/m**, correspondiente el área de protección de la estación, en ella no puede haber señal de otro transmisor en el mismo canal.

Por la forma que tiene el área a cubrir( Ciudad Universitaria) y por estar ubicada la antena transmisora en TV UNAM, vemos que no es necesario que la señal sea radiada en todas direcciones, sino únicamente en la dirección Norte-Noroeste, como se ilustra en el mapa 1 al final de este capítulo.

En base a las necesidades de radiación anteriores, encontramos que un tipo de antena que tiene un patrón de radiación que cubre el área con bastante eficiencia es el dipolo de media onda o

**Dipolo  $\lambda/2$** , el patrón de radiación de este tipo de antena se ilustra sobre el mismo mapa anterior con la línea punteada.

Por la razón anterior no haremos un análisis de los tipos principales de antenas de transmisión, sino solo del **Dipolo  $\lambda/2$** .

#### **Cálculo del patrón de radiación de un Dipolo $\lambda/2$ en el espacio libre.**

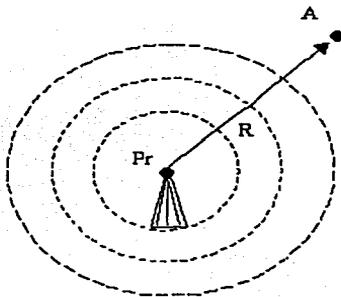
Comenzaremos nuestro análisis calculando el patrón de radiación de una antena isotrópica; definida esta como una antena puntual que radia la señal en todas direcciones, es decir, su patrón de radiación es esférico. Aunque las antenas isotrópicas no son realizables en la práctica, su análisis teórico es útil para encontrar ciertos parámetros de funcionamiento de las antenas que si son realizables, como son la Ganancia, Directividad, etc.

El primer paso para calcular la potencia necesaria del transmisor, así como el tipo y orientación de la antena radiadora; es calcular la potencia necesaria para el caso de una antena isotrópica en el aire y sin pérdidas en el trayecto de la señal.

Para realizar el cálculo tenemos la NOM, que nos obliga a tener una intensidad de campo eléctrico mínimo en Ciudad Universitaria de  $80 \text{ dB}\mu \text{ } \mu\text{V/m}$ . Otro dato necesario para el cálculo es el punto más alejado de la antena, que según el mapa de C.U., queda aproximadamente a 3213 mts. ( ver el mapa 1).

Como dijimos anteriormente, una antena isotrópica radia la potencia en todas direcciones, por lo tanto, para encontrar la densidad de potencia en un punto A, ubicado a 3213 mts. del radiador, se utiliza la fórmula referida a la esfera, como lo ilustra la figura 5-8.

En este caso la fórmula se refiere a potencia, en tanto la NOM nos pide intensidad de campo eléctrico, por lo que debemos encontrar la equivalencia en densidad de potencia para un campo de  $80 \text{ dB}\mu \text{ } \mu\text{V/m}$ .



- A: Punto donde se calculará la densidad de potencia.
- Pr: Potencia total radiada por la antena Transmisora y ubicación de la misma.
- R: Distancia entre la antena y el punto A (radio de la esfera).

$$P_A = \frac{P_r}{4\pi R^2}$$

Figura 5-8.- Patrón de radiación de una antena isotrópica.

Primero encontraremos el campo en  $\mu\text{V}/\text{m}$ .

$$80\text{dB}\mu = 20\log\left(\frac{X \frac{\mu\text{V}}{\text{m}}}{1 \frac{\mu\text{V}}{\text{m}}}\right)$$

$$\frac{80}{20} = \log\left(\frac{X \frac{\mu\text{V}}{\text{m}}}{1 \frac{\mu\text{V}}{\text{m}}}\right) \Rightarrow X = 10000 \frac{\mu\text{V}}{\text{m}}$$

Por lo tanto:

$$E_A = 10000 \frac{\mu\text{V}}{\text{m}}$$

Para expresar este dato en  $\mu\text{W}/\text{m}^2$  utilizamos la conocida ley de Ohm aplicada a las ondas electromagnéticas:

$$P = \frac{V^2}{R}$$

Que en el caso de ondas electromagnéticas se expresa:

$$P = \frac{E^2}{Z_{\text{aire}}}$$

donde:  
**P:** Densidad de potencia.  
**E:** Intensidad de campo eléctrico.  
**Z aire:** Impedancia característica del aire.

La impedancia característica del aire se calcula de la siguiente manera:

$$Z_{\text{aire}} = \left(\frac{\mu}{\epsilon}\right)^{1/2}$$

$$\mu_{\text{aire}} = 1.2602 \times 10^{-6}$$

$$\epsilon_{\text{aire}} = 8.85522 \times 10^{-12}$$

$$Z_{\text{aire}} = \left( \frac{1.2602 \times 10^{-6}}{8.85522 \times 10^{-12}} \right)^{1/2} \Rightarrow Z_{\text{aire}} = 377.242 \Omega$$

La impedancia característica del aire para una onda electromagnética es muy parecida a la del vacío ( $\cong 377 \Omega$ ).

Sustituyendo en la ecuación de la densidad de potencia:

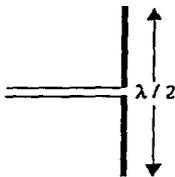
$$P = \frac{E^2}{Z_{\text{aire}}} = \frac{\left( 10000 \frac{\mu V}{m} \right)^2}{377.242 \Omega} = 0.26508 \times 10^{-6} \frac{W}{m^2}$$

Aplicando la fórmula para encontrar la densidad de potencia en el punto A y despejando  $P_r$ :

$$P_A = \frac{P_r}{4\pi R^2}$$

$$P_r = (P_A)(4\pi R^2) = \left( 0.26508 \frac{\mu W}{m^2} \right) (4\pi)(3213m)^2 = 34.388W$$

Recordemos que el resultado obtenido corresponde a una antena isotrópica, misma que no es realizable físicamente, pero sus características teóricas de radiación se utilizan como referencia para las antenas que sí son realizables en la práctica, como la antena basada en el dipolo de media onda, ilustrado en la figura 5-9, muy utilizado tanto en transmisión como en recepción.



Donde:  $\lambda = \frac{c}{f}$  ; Longitud de la onda electromagnética.

$c = 300000 \text{ Km / s.}$

$f = \text{Frecuencia de la onda electromagnética.}$

Figura 5-9.- Forma básica del dipolo de media onda.

El campo radiado por este tipo de antena tiene la forma de una dona, como se ilustra en la figura 5-10a, si el dipolo se coloca horizontalmente y se realiza un corte al campo electromagnético en un plano horizontal a la altura de la antena, el campo tendrá la forma de la figura 5-10b, visto desde arriba de la antena.

Como podemos observar, una antena de dipolo  $\lambda / 2$  concentra el campo electromagnético en una cierta región, a diferencia de una antena isotrópica. La anterior característica es altamente deseable en el caso del canal universitario de televisión, por el lugar en que está situada TV UNAM dentro del campus de C. U., por esta circunstancia es necesario radiar la señal en una sola dirección, lo que se logra de una forma adecuada con este tipo de antena.

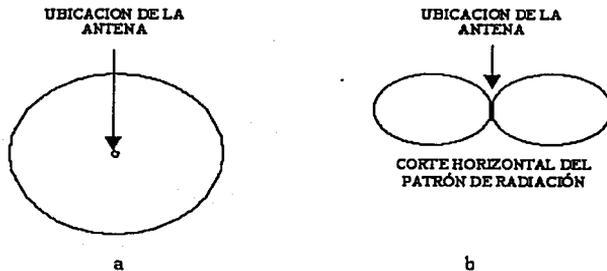


Figura 5-10. Patrón de radiación de la antena dipolo  $\lambda / 2$ .

Como ya dijimos, el dipolo  $\lambda / 2$  concentra la radiación en ciertas regiones, radiando poca o nula energía hacia otros lugares, ésta característica de todos los tipos de antenas lleva a definir el concepto de ganancia direccional ( $G_d$ ) de una antena, expresándose esta en dB, se le agrega la  $i$  por referirse a la ganancia con respecto a la antena isotrópica.

La ganancia direccional de una antena no se refiere a que amplifique la potencia que recibe del transmisor (es un elemento pasivo), sino a que concentra la potencia en alguna(s) región(es), en comparación con el radiador isotrópico, cuyo patrón de radiación es esférico. La  $G_d$  de la antena dipolo  $\lambda / 2$  es:

$$G_d \text{ dipolo } \frac{\lambda}{2} = 1.64$$

o en dB's:

$$G_d \text{ dipolo } \frac{\lambda}{2} = 2.15 \text{ dBi}$$

La  $G_d$  del dipolo  $\lambda / 2$  y de cualquier antena se mide en el punto de máxima radiación del lóbulo principal, en el caso de nuestro interés, se mide en la dirección perpendicular a la línea que forma el dipolo, en el diagrama del plano horizontal de la figura 5-10b el ángulo de máxima radiación es de  $90^\circ$ . Para no confundir la  $G_d$  con la ganancia total de una antena, se le denomina también Directividad ( $D$ ) de la antena, quedando en el caso del dipolo  $\lambda / 2$  como sigue:

$$D_{\text{dipolo } \lambda/2} = 1.64$$

o en dB's:

$$D_{\text{dipolo } \lambda/2} = 2.15 \text{ dB}$$

La expresión matemática del patrón de radiación del dipolo  $\lambda/2$  es la siguiente:

$$P = \frac{30 I_m^2}{\pi^2} \left[ \frac{\cos\left(\frac{\pi}{2 \cos \theta}\right)}{\sin \theta} \right]^2$$

- Donde
- r**: Distancia de la antena al punto donde se mide la potencia.
  - Im**: Corriente máxima que circula por la antena.
  - $\theta$** : Angulo en que está colocado el punto de medida con respecto a la línea formada por el dipolo
  - P**: Densidad de potencia en el punto de medida.

Por medio de la expresión anterior podemos calcular la densidad de potencia en cualquier punto del plano horizontal de la antena situado a  $r$  metros y a  $\theta$  grados con respecto a la línea formada por el dipolo. Como la NOM nos ordena que el área a cubrir debe tener un campo mínimo de  $80 \text{ dB}\mu\text{V/m}$ , debemos obtener en base a la anterior fórmula la línea que delimita el contorno para el que se cumple la NOM, para después colocar esta gráfica sobre un mapa a escala exacta de Ciudad Universitaria y comprobar si tenemos el campo mínimo obligatorio en cualquier punto del Campus, o por lo menos en las dependencias más interesadas en la señal.

En la fórmula anterior conocemos  $P$ , que es constante y vale  $0.26508 \mu\text{W/m}^2$ , el dato de  $I_m$  no lo conocemos porque no sabemos todavía la potencia total que radia la antena, pero sabemos que para una potencia constante,  $I_m$  será también constante. Con las anteriores consideraciones, las únicas variables en la ecuación son  $r$  y  $\theta$ , pero en el caso del ángulo, los valores están limitados a un rango de  $0^\circ$  a  $360^\circ$ , por lo que para tener una idea bastante clara de la forma del patrón de radiación podemos escoger valores discretos, por ejemplo  $0^\circ$ ,  $5^\circ$ ,  $10^\circ$ , etc, de esta forma tenemos que el único valor por encontrar es la distancia  $r$  entre la antena y los puntos donde el campo cumple con el valor de  $0.26508 \mu\text{W/m}^2$ .

En la gráfica del patrón de radiación que deseamos obtener, lo que nos interesa conocer por el momento es solo la forma exacta del mismo, para ver si cubre adecuadamente Ciudad Universitaria, sin importar darle valores exactos. Por la razón dada, podemos modificar la ecuación anterior para lograr una expresión que nos permita obtener un patrón normalizado, al que se le puedan dar los valores de  $r$  y  $\theta$  para obtener el patrón de nuestra antena.

La ecuación de la densidad de potencia se puede expresar como sigue:

$$P = \frac{30I_m^2}{\pi r^2} \left[ \frac{\cos\left(\frac{\pi}{2\cos\theta}\right)}{\sin\theta} \right]^2$$

$$r^2 = \frac{30I_m^2}{\pi P} \left[ \frac{\cos\left(\frac{\pi}{2\cos\theta}\right)}{\sin\theta} \right]^2 \quad \text{si} \quad \frac{30I_m^2}{\pi P} = K = 1$$

tenemos :

$$r^2 = \left[ \frac{\cos\left(\frac{\pi}{2\cos\theta}\right)}{\sin\theta} \right]^2 \quad \Rightarrow \quad r = \frac{\cos\left(\frac{\pi}{2\cos\theta}\right)}{\sin\theta}$$

Los términos que se mantienen invariables se igualaron a 1 para que quedara una expresión dependiente solo de  $r$  y  $\theta$ , de esta forma se puede obtener una tabla como la siguiente( tabla 5-2), en la que solo se tabulan los datos del primer cuadrante por repetirse en los siguientes.

$\Theta$ (°)	r (m)
0	0
5	0.069
10	0.137
15	0.207
20	0.277
25	0.347
30	0.418
35	0.488
40	0.559

45	0.628
50	0.695
55	0.758
60	0.817
65	0.869
70	0.914
75	0.951
80	0.978
85	0.994
90	1.0

TABLA 5.2

De la comparación entre la gráfica normalizada del contorno de potencia constante y un mapa de Ciudad Universitaria a escala exacta, concluimos que si dirigimos una antena de dipolo  $\lambda/2$  en TV UNAM, con la máxima radiación dirigida  $51^\circ$  dirección Noroeste, el patrón de radiación cubrirá casi la totalidad del Campus Universitario.

Si medimos con una regla la distancia a escala entre la antena y el punto más alejado en el que tenemos la línea de contorno de densidad de potencia constante en la gráfica que obtuvimos, correspondiente a  $\theta = 90^\circ$  respecto a la línea formada por la antena, obtenemos una distancia real de 3213 mts. El contorno de  $E = 80 \text{ dB}\mu \mu\text{V/m}$  cubrirá el área indicada en el mismo mapa.

Aunque este contorno no cubre la totalidad de Ciudad Universitaria, si cubre el área principal, donde se encuentra la mayoría de las Facultades, Escuelas e Institutos y con la mayoría de potenciales televidentes a quienes se dirige la señal con el nivel óptimo.

El área que no queda cubierta por el contorno de  $E = 80 \text{ dB}\mu \mu\text{V/m}$ , no necesariamente quedará sin señal, porque aunque no con el nivel óptimo, si llegará la señal con el nivel adecuado para que un televisor normal la capte sin problemas, esto sucederá en el contorno de  $E = 74 \text{ dB}\mu \mu\text{V/m}$  y de  $E = 64 \text{ dB}\mu \mu\text{V/m}$ , dentro del cual no puede haber señal de otro transmisor de televisión en la misma frecuencia. En caso de que en el área no cubierta de C. U. se comprobara con medidas de campo que no llegara el nivel adecuado de señal y fuera necesario cubrirla, se puede instalar un segundo elemento radiador, dirigido hacia esa zona (zona cultural), con lo que habría que cambiar algunas consideraciones y cálculos.

Conociendo la distancia y dirección a la que se encuentra el punto hacia donde se dirigirá la máxima radiación de nuestra antena y aplicando el concepto de Directividad (D) con respecto a la antena isotrópica, tenemos la siguiente ecuación.

$$P_A = P_{REFD} = \frac{P_r D}{4\pi R^2}$$

donde

$P_A$  : Potencia en el punto A, en este caso el punto más alejado de C.U. en la dirección de máxima radiación de la antena.

D : Directividad de la antena de dipolo  $\lambda/2$ .

$P_{REF}$  : Potencia referida a la antena isotrópica en este mismo punto.

$P_r$  : Potencia total radiada por una antena isotrópica.

Despejando  $P_r$  de la ecuación anterior tenemos:

$$P_r = \frac{4\pi R^2 P_A}{D} = \frac{4\pi(3213)^2(0.26508 \times 10^{-6})}{1.64} = 20.968W$$

El resultado anterior nos dice que si utilizamos una antena de **dipolo**  $\lambda / 2$ , necesitamos 20.968W para cubrir el área principal de Ciudad Universitaria, pero sin considerar las pérdidas que tendremos en la trayectoria de la señal, cosa que debemos tomar en cuenta..

Otro punto que habremos de considerar, es que la antena no la vamos a construir nosotros, sino que se comparará aquella que satisfaga o supere las características que necesitamos, como son la potencia a manejar, el patrón de radiación y si es posible que sea de **dipolo**  $\lambda / 2$ , por ser de las más sencillas y tener buena eficiencia de funcionamiento.

En el mapa 1 el patrón de radiación indicado con línea discontinua corresponde a los cálculos obtenidos con la antena de **dipolo**  $\lambda / 2$ , tomando en cuenta que consta de dos lóbulos y solo se presenta el que nos interesa porque no necesariamente la antena que se comparará tendrá los dos lóbulos iguales, en caso de que la antena comprada tuviera un patrón de radiación diferente al necesario, hay que hacer los cambios en el patrón requeridos por la antena definitiva.

#### Elección de la antena de transmisión

En base a los resultados obtenidos anteriormente, se buscó con los proveedores una antena transmisora con un patrón de radiación lo más parecido al dibujado en el mapa con línea discontinua, encontrándose que el fabricante de antenas y accesorios de transmisión JAMPRO, tiene disponible la antena denominada JUHD-1. Esta antena está basada en el **dipolo**  $\lambda / 2$  pero agregándole un dipolo delante ( dipolo director ) y otro atrás ( dipolo reflector ) como se muestra en la figura 5-11a.

Este arreglo de antenas con un dipolo activo, un dipolo pasivo cortocircuitado que actúa como reflector de los campos radiados por el dipolo activo, además de uno o varios dipolos pasivos cortocircuitados actuando como directores de la señal radiada, se llama antena Yagui- Uda por los nombres de quienes la dieron a conocer.

La característica más sobresaliente de este tipo de antenas consiste en que son fáciles de construir, eficientes, de un gran ancho de banda ( por lo que son aptas para UHF ), y variando el tamaño y distancia de los elementos parásitos en relación al dipolo activo, se pueden obtener patrones de radiación muy variados, entre los cuales se encuentra el patrón de radiación necesario en nuestro caso.

En el caso de la antena adquirida ( JUHD-1 ), como viene cubierta por un domo de fibra de vidrio, no podemos observar la configuración exacta ni cantidad de dipolos pasivos, pero por el patrón de radiación que tiene concluimos que es del tipo anterior, además, el fabricante aclara que se trata de antenas basadas en dipolo, ver la figura 5-11b.

A pesar del inconveniente anterior, el fabricante proporciona una tabla ( tabla 5.3 ) con los datos necesarios para obtener el diagrama del patrón de radiación, los datos corresponden al patrón horizontal dibujado sobre la superficie terrestre, para una antena colocada horizontalmente. El fabricante de la antena proporciona los datos necesarios para dibujar un patrón de radiación vertical en la dirección de máxima radiación, graficar los datos para el patrón vertical nos ayuda a saber el ángulo adecuado de elevación de nuestra antena.

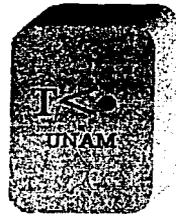
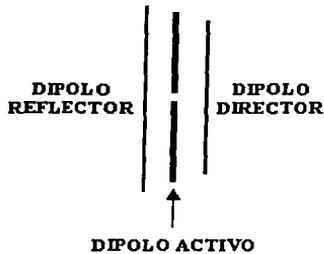
VISTA EXTERNA  
DE LA ANTENA

Figura 5-11. Antena Yagui-Uda, adquirida para el transmisor de TV UNAM.

El patrón vertical de radiación de la antena JUHD-1 se ilustra en el mapa 2; en el podemos observar que es más angosto que el patrón horizontal, además la dirección de máxima radiación en sentido vertical se encuentra a  $0^\circ$ , por lo que no es necesario colocarla en un ángulo especial debido a que las antenas transmisora y receptoras prácticamente tienen el mismo nivel respecto a la superficie terrestre, si la antena transmisora estuviera colocada en un lugar más alto que las antenas receptoras, habría que colocarla en una posición diferente para que las antenas receptoras quedaran dentro.

TABLA 5.3 (Para la antena JUHD-1)

$\theta$ ( $^\circ$ )	r (m)
0	0
10	0.1
20	0.19
30	0.33
40	0.45
50	0.62
60	0.76
70	0.88
80	0.97
90	1.0
100	0.97
110	0.88
120	0.76
130	0.62
140	0.45
150	0.33
160	0.19

170	0.10
180	0.06
190	0.04
200	0.05
210	0.05
220	0.05
230	0.05
240	0.05
250	0.06
260	0.09
270	0.10
280	0.09
290	0.06
300	0.05
310	0.05
320	0.05
330	0.05
340	0.05
350	0.04

La ganancia directiva de esta antena obtenida a partir de los datos del fabricante, es:

$$G_d = 15 \quad G_d = 11.76dB$$

El fabricante no nos indica si la ganancia está referida a una antena de dipolo  $\lambda/2$  o a una antena isotrópica, pero como otros fabricantes si especifican que sus ganancias están dadas en dBd, concluimos que los valores que da el fabricante Jampro están referidos a la antena isotrópica.

$$G_d = 15 \quad G_d = 11.76dBi$$

Al graficar el patrón de radiación a partir de la tabla anterior se obtiene el que se indica en el mapa 1 con línea continua, como se ve, tiene la misma forma que el del dipolo  $\lambda/2$  con la ventaja de que al ser del tipo Yagui- Uda, el patrón se concentra principalmente en un solo lóbulo, con lo que la ganancia aumenta respecto al dipolo  $\lambda/2$ , esto significa que la potencia necesaria será menor a la calculada para la antena de dipolo  $\lambda/2$ .

En el mapa se observa que la dirección de máxima radiación se desplazó hacia el norte hasta los  $44^\circ 40'$  dirección noroeste aproximadamente, esto se hizo porque el lóbulo es un poco más angosto que el del dipolo  $\lambda/2$ , y si se hubiera dejado en la misma dirección que éste, los edificios ubicados al extremo Oriente de Ciudad Universitaria no hubieran quedado cubiertos por el contorno de  $E = 80 \text{ dB}\mu \text{ V/m}$ . Colocando el contorno graficado para la antena JUHD-1, sobre el mapa de

C. U. medimos la distancia máxima a la que tendremos  $E = 80 \text{ dB}\mu \text{ } \mu\text{V/m}$  en la dirección de máxima radiación, obteniendo 3279 mts. aproximadamente, aplicando la fórmula de la potencia conocida, calculamos la potencia total radiada por la antena:

$$P_r = \frac{4\pi R^2 P_A}{D} = \frac{4\pi(3279)^2(0.26508 \times 10^{-6})}{15} = 2.388 \text{ W}$$

La potencia calculada es la necesaria para cubrir el área principal de Ciudad Universitaria, sin considerar los diferentes factores de atenuación de la señal, desde la salida del transmisor hasta el contorno indicado en el mapa por la línea continua, mismos que deben tomarse en cuenta porque implican un aumento de potencia. Esto se realizará en el siguiente punto de este mismo capítulo.

### 5.2.2 Análisis de pérdidas.

Para calcular la potencia total que alimenta el transmisor al elemento radiador necesaria para tener los  $80 \text{ dB}\mu \text{ } \mu\text{V/m}$  mínimos en el contorno establecido en el punto anterior, que cubre Ciudad Universitaria, debemos tomar en cuenta que la potencia necesaria obtenida anteriormente no toma en cuenta las pérdidas que ocurren en las diferentes etapas del sistema de televisión, desde la salida del transmisor, hasta el punto donde se encuentra la antena receptora.

Los elementos que componen nuestro sistema de televisión, así como las pérdidas sufridas por la señal en las diferentes etapas, se ilustran en la figura 5-12, considerando que solo nos interesa calcular la atenuación hasta el punto donde se encuentran las antenas receptoras.

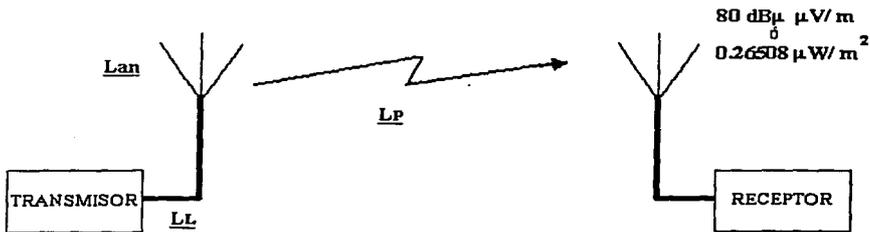


Figura 5-12. Elementos que forman el sistema de televisión, indicando las pérdidas.

En la figura anterior, las pérdidas son las siguientes:

$LL$  = Pérdidas en la línea de alimentación entre el transmisor y el elemento radiador.

$L_{an}$  = Pérdidas en la antena transmisora.

$LP$  = Pérdidas de propagación.

Las pérdidas en la línea de alimentación se pueden calcular en base a los datos que proporciona el fabricante y a la longitud de la misma, siendo las siguientes para la línea de transmisión que se adquirió, una HELIAX modelo LDF6 - 50 de 1/4", del fabricante ANDREW.

Atenuación: 0.7478 dB / 30.48m. a 750 MHz.  
Longitud de la línea: 21.5 m.  
Atenuación total = 0.515 dB.

Las pérdidas en la antena transmisora se refieren a la resistencia propia de la antena, corrientes de Eddy, efecto corona, dieléctrico imperfecto, etc.

Normalmente las antenas transmisoras tienen una eficiencia muy cercana al 100 %, por lo que las pérdidas serán mínimas, comparadas con las pérdidas de propagación, por tal razón no las contabilizaremos en los cálculos totales.

### **Pérdidas por propagación.**

La energía de una onda electromagnética que se propaga a través del aire es afectada por múltiples factores que implican su atenuación, entre estos tenemos: la transmisión a través de la superficie terrestre, la onda de espacio, la absorción atmosférica debida a los gases contenidos en ella y a la lluvia, la reflexión en la superficie terrestre y edificios, y la difracción debida a objetos protuberantes en la misma superficie terrestre.

Debido a que la frecuencia del canal 60 es alta, no tiene el problema de la transmisión a través de la superficie terrestre (válida solo en frecuencias menores a 20 MHz. ), la onda de espacio (sky wave) es el efecto ocasionado por la reflexión y refracción en las capas altas de la atmósfera (más de 10 Km. ), debido a que el patrón de radiación vertical de la antena utilizada concentra la energía en un ángulo de 60°, como lo ilustra el mapa 2, prácticamente no es afectado por este fenómeno, por lo que tampoco se toma en cuenta.

La absorción ocasionada por los gases y lluvia contenidos en la atmósfera es bastante pequeña, por lo que tampoco serán tomados en cuenta.

Los factores que si tomaremos en cuenta debido a su influencia en la propagación de las ondas electromagnéticas son la reflexión en la superficie terrestre y construcciones, así como la difracción. La reflexión es la propiedad que tienen las ondas electromagnéticas de reflejarse al incidir sobre una superficie, tal como ocurre con la luz en un espejo, la onda reflejada interfiere con la onda directa, sumándose o restándose de la misma según la fase, la magnitud de la onda reflejada depende del coeficiente de reflexión de la superficie sobre la que incide la misma, influyendo también su "rugosidad" en relación a la longitud de la onda electromagnética, siendo menor al aumentar su frecuencia, por lo que a 750 MHz, puede no ser tan grande su influencia en la superficie de C. U.

La difracción es el fenómeno que ocurre cuando una onda electromagnética incide sobre un obstáculo con corte pronunciado (filo), tal como las construcciones o una irregularidad del terreno pronunciada, interponiéndose en la línea de visibilidad directa entre la antena transmisora y receptora, la zona oculta a la antena transmisora se denomina zona de difracción.

Si se coloca una antena receptora en la zona de difracción, si se tendrá recepción de señal debido a este fenómeno, pero habrá atenuación debido a que no será la onda directa, sino la difractada la captada por la antena receptora.

El fenómeno de difracción se entiende mejor aplicando el principio de Huygens, el cual dice que si una onda electromagnética incide sobre un "filo" o esquina de un edificio, este filo se comporta como una fuente secundaria de ondas electromagnéticas, mismas que se propagarán nuevamente en todas direcciones, como se ilustra en la figura 5-13.

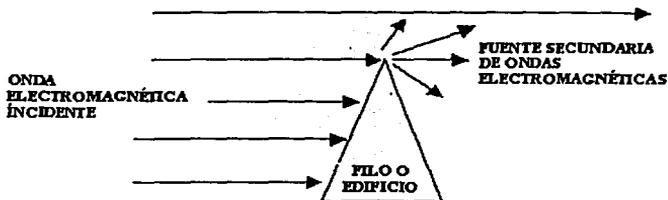


Figura 5-13.- Principio de Huygens.

Gracias al fenómeno de la difracción y la reflexión, podemos captar señales de radio, TV y comunicaciones, en lugares donde no tenemos línea de vista entre la antena transmisora y receptora. Los fenómenos de la difracción y reflexión de ondas electromagnéticas son muy difíciles de modelar, debido a que se tendría que hacer un análisis en cada punto de recepción, tomando en cuenta cada objeto que pueda causar estos efectos, lo que llevaría a cálculos y medidas muy laboriosos y difíciles de realizar. Sin embargo, se han elaborado modelos experimentales aproximados basados en medidas tomadas en diferentes puntos de una ciudad, que dan resultados bastante aceptables como para basarnos en uno de ellos.

Un modelo sencillo que nos da resultados razonablemente cercanos a las pérdidas reales, obtenido en base a mediciones realizadas en diferentes medios de propagación, para comunicaciones de teléfonos celulares. Puede aplicarse en nuestro caso por tener similitudes como el área a cubrir, la altura de la antena y la frecuencia de operación.

El modelo adoptado nos da la siguiente expresión para calcular las pérdidas debido a los fenómenos de difracción y reflexión, que son los que nos interesan.

$$Ldb(d) = LFSdB(d_0) + 10n \log\left(\frac{d}{d_0}\right) + XdB$$

Donde **Ldb(d)** : Pérdidas de potencia de propagación a la distancia  $d$ , en este caso sería el punto más alejado de la antena para el que tenemos **80 dBμ V/m**. En la dirección de máxima radiación (3279 m).

**LFSdB(d<sub>0</sub>)**: Pérdidas de propagación en el espacio libre, calculadas a una distancia  $d_0$  de la antena transmisora, donde  $d > d_0$ , pero  $d_0$  se ubica en el campo electromagnético lejano de la misma, para una célula urbana extensa, como es nuestro caso, el modelo recomienda asignarle el valor de 1000 metros.

**n** : Es un número que depende de las condiciones del lugar donde se calcularán las pérdidas, teniendo los siguientes posibles valores:

Ambiente de propagación	n
Espacio libre	2
Célula en un área urbana	2.7 - 4
Célula urbana sombreada	5 - 6
Edificio en línea de vista	1.6 - 1.8
Edificio obstruyendo completamente	4 - 6
Fábrica obstruyendo	2 - 3

En nuestro caso asignaremos a  $n$  el valor de 4 porque en Ciudad Universitaria existen edificios cuya altura cubre completamente la línea de vista hacia otros, como es el caso de la Facultad de Psicología, cubierta completamente por la Torre I de Humanidades y la Biblioteca Central.

**XdB** : Es un término asignado a las pérdidas por múltiples reflexiones, en el caso de nuestro estudio, las antenas receptoras tienen una alta Directividad, por lo que consideraremos que las reflexiones provenientes de puntos fuera de su patrón tendrán muy poca influencia en ella, contrario de las antenas de los teléfonos celulares.

La aplicación de la fórmula nos da:

$$LFSdB(d_0) = \frac{P_{d_0}}{P_r} = \frac{1}{4\pi R^2} = \frac{1}{4\pi(1000)^2} = 79.6 \times 10^{-9}$$

Expresando el resultado en dB's:

$$LFSdB(d_0) = 10 \log(79.6 \times 10^{-9}) = -71dB$$

El resultado es negativo porque nos expresa una ganancia, en este caso negativa.

$$10n \log\left(\frac{d}{d_0}\right) = 10(4) \log\left(\frac{3279}{1000}\right) = 20.63dB$$

Para que concuerden nuestros datos, expresaremos los resultados anteriores como ganancias negativas:

$$Ldb(d) = G_p = -71 - 20.63 = -91.63dB$$

Llamando a **G<sub>p</sub>** Ganancia de propagación.

Para obtener la ganancia total de nuestro sistema de enlace, en el punto en que **80 dBμ μV/m**, sumaremos la ganancia en la línea de transmisión, además, también sumaremos la ganancia de la antena de transmisión, esto nos da un total de:

$$G_T dB = -91.63 - 0.5153 + 11.76 = -80.38dB$$

Llamando a **G<sub>T</sub> dB** Ganancia de nuestro sistema de enlace.

Para obtener la potencia total de transmisión, utilizaremos la fórmula siguiente:

$$P_A dBW = P_r dBW + G_T dB$$

Donde

**P<sub>A</sub> dBW** : Densidad de potencia en el punto A, que es el punto más alejado de la antena transmisora, en la dirección de máxima radiación, dada por la NOM.

**P<sub>r</sub> dBW** : Potencia total drenada por el transmisor.

**G<sub>T</sub> dB** : Ganancia total del enlace, obtenida anteriormente.

Los elementos de la fórmula anterior tienen el término ( dBW ), para expresar todo en dB's referidos a 1 Watt, despejando  $P_i$  dBW :

$$P_i \text{ dBW} = P_A \text{ dBW} - G_r \text{ dB}$$

$$P_i \text{ dBW} = 10 \log(0.26508 \times 10^{-6}) = -65.766 \text{ dB}$$

$$P_i \text{ dBW} = -65.766 - (-80.38) = 14.62 \text{ dB}$$

Para obtener la potencia en Watts:

$$P_i \text{ dBW} = 10 \log P_i$$

$$P_i = 10^{\frac{14.62}{10}} = 28.97 \text{ W}$$

El resultado anterior significa que si nuestro transmisor drena aproximadamente 29 Watts, cubriremos la parte principal de Ciudad Universitaria con el contorno indicado en el mapa 1 por la línea continua, tomando en cuenta las pérdidas que pudiera sufrir nuestra señal debidas a los factores ya explicados.

Una aclaración muy importante que debemos hacer, es el hecho de que estamos considerando valores RMS en todos estos cálculos, además, la portadora senoidal no estaría modulada, por lo que su amplitud es constante, cosa que no ocurre en el caso de la transmisión de la señal RF de un canal de televisión, por estar modulada en AM. En el siguiente punto de este capítulo haremos estas consideraciones.

### 5.2.3 El transmisor y su monitoreo.

El transmisor es un aparato que se compone de tres módulos principales, el primer módulo tiene la función de modular las señales de video y audio, que le llegan en banda base, para tener una frecuencia intermedia (FI) ubicada en la banda de 41- 47 MHz. Con la portadora de video ubicada en 45.75 MHz y la portadora de audio en 41.25 MHz. Otras funciones de éste módulo son la de combinar las respectivas señales moduladas de audio y video para que se conviertan en una sola señal, además de darle a la señal resultante el nivel adecuado para que pueda alimentar al siguiente módulo.

El segundo módulo tiene como función elevar la frecuencia de estas señales a la frecuencia propia de operación del canal, en nuestro caso el canal 60, que ocupa la banda de 746 - 752 MHz, ésta función la realiza mezclando la señal de FI con un oscilador local controlado con PLL y el microprocesador de control general, con lo que tiene gran estabilidad de frecuencia, otra función que tiene es la de controlar la potencia total que liberará el transmisor a la antena, por medio de controles de ganancia comandados electrónicamente con el mismo microprocesador, por tal razón, la potencia de salida se programa por medio de una interfase conectada a una computadora o al panel de control del mismo aparato, donde se le introducen los datos adecuados para aumentar o disminuir la potencia de salida.

También se puede controlar y monitorear al transmisor por medio del panel de control que tiene el mismo, pero no tiene las mismas facilidades que a través de la computadora. Una ventaja que ofrece este tipo de control consiste en que no es fácil que cualquier persona tenga acceso a modificar alguno de los parámetros de operación, lo que podría resultar inconveniente tanto para su funcionamiento interno como en el cambio en la potencia radiada.

El tercer módulo lo componen el amplificador-excitador y el amplificador de potencia, el primer elemento eleva el nivel de voltaje de la señal al valor adecuado, en tanto que el segundo ofrece ganancia de corriente, operan como amplificadores tipo AB con alta linealidad dentro de toda la banda de UHF (470 - 806 MHz), la impedancia de salida es de  $50 \Omega$  para acoplarse a la línea de transmisión, que tiene el mismo valor, tiene una potencia máxima de salida de 100 Watts RMS, llamada potencia de pico de sincronismo.

A la salida del amplificador y antes de llevar la señal a la línea de acoplamiento, se conectan un filtro y un reflectómetro, el filtro tiene la función de eliminar todas las señales espúreas y productos de intermodulación que queden fuera del canal asignado, para que no causen interferencia a otras señales, el reflectómetro tiene como función monitorear la potencia de salida y la reflejada, mandando esta información al microprocesador de control para que nos de las lecturas y proteja al aparato en caso de que la potencia reflejada pueda dañarlo.

Todas las condiciones de operación del transmisor son monitoreadas a través del panel de control o de la computadora, los parámetros que se pueden conocer son:

- Temperatura de operación.
- Valor de los diferentes voltajes de operación.
- Potencia del excitador.
- Potencia de salida.
- Potencia reflejada.
- Modulación de video.
- Excursión o desviación de audio.
- Corriente que drenan las fuentes de voltaje.
- Por programación se puede variar la potencia de salida
- Alarmas que monitorean voltajes y corrientes de las fuentes, desconectando al amplificador de salida y a la fuente que funcione fuera de sus valores normales.
- Alarma y protección contra la potencia reflejada, que actúa disminuyendo la potencia de salida si se detecta que la potencia reflejada sobrepasa un límite establecido.

En la actualidad ( julio de 2002 ), el transmisor y el canal en general se encuentran en período de pruebas, con una potencia de salida de 40.1 Watts RMS en el intervalo de sincronismo. Cabe hacer la aclaración de que en el valor obtenido de potencia necesaria para cubrir Ciudad Universitaria (29 Watts), se consideran valores RMS para una onda senoidal no modulada, por lo que la lectura de potencia indicada por el transmisor, en caso de que se transmitieran 29 Watts RMS durante el sincronismo, no sería la misma que la obtenida teóricamente, por referirse a una onda senoidal modulada por una señal de video.

En el caso de la transmisión de una portadora modulada por señal de video, existen dos medidas de potencia a tomar en cuenta:

La potencia RMS durante el sincronismo, referida a la potencia RMS que se envía durante el tiempo que dura el sincronismo en la señal de video moduladora, esta potencia es la máxima que se envía, por utilizarse modulación negativa, ver figura 5-14.

La potencia RMS media de una señal de video, esta medida se refiere a la potencia RMS media de la portadora de video modulada, tomando en cuenta el valor promedio de la señal de video moduladora, conteniendo solo el nivel de supernegro( 0 unidades IRE) y sin señal de audio, como se ilustra en la misma figura 5-7.

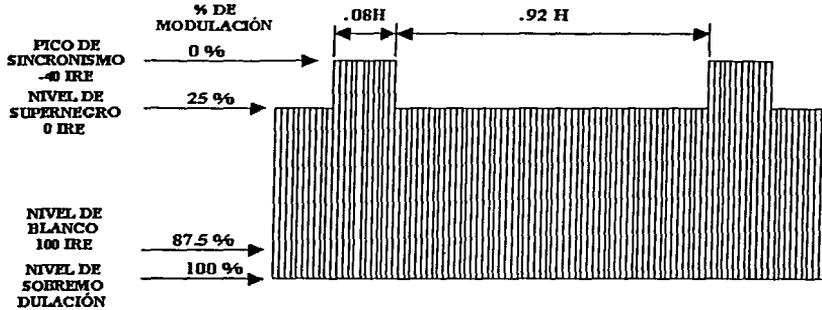


Figura 5-14. Portadora modulada por señal de video con nivel de 0 IRE o supernegro.

De acuerdo a la figura anterior tenemos que el promedio de la potencia RMS se obtiene sumando proporcionalmente las contribuciones de potencia del intervalo de sincronismo y del intervalo de video ( conteniendo solo supernegro ) de la siguiente manera, suponiendo que el voltaje pico en el intervalo de sincronismo es igual a 10 Volt.

En el intervalo de sincronismo, la potencia será proporcional al cuadrado del voltaje, es decir :

$$P_1 = \left( \frac{10}{2^2} \right)^2 = 50$$

Para encontrar la energía total en este intervalo:

$$E_1 = (P_1)(t) = (50)(0.08H) = 4H$$

La energía total en el intervalo de video se obtiene:

$$P_2 = \left( \frac{7.5}{2^2} \right)^2 (t) = (28.125)(0.92H) = 25.875H$$

La potencia RMS media durante una línea de video completa ( 1H ), se obtiene sumando las dos contribuciones de energía y dividiendo el resultado por la línea ( 1H ):

$$P_{RMS\ media} = \frac{(E_1 + E_2)}{t_{tot}} = \frac{(4H + 25.875H)}{H} = 29.875W$$

La relación entre potencia RMS de pico de video y media de video es:

$$\frac{P_p}{P_m} = \frac{50}{29.875} = 1.67$$

Por lo tanto :

$$P_m = 0.598P_p$$

Los valores de voltaje anteriores se tomaron solo como ejemplo para encontrar la relación entre potencia RMS de sincronismo y la potencia RMS media, por lo que no necesariamente son los valores de operación de nuestro transmisor.

La relación anterior nos da la forma de encontrar la potencia efectiva media que se está enviando a partir de la potencia efectiva máxima, que ocurre durante el intervalo de sincronismo de la señal de video, normalmente ésta es la lectura que dan los transmisores. Hay que recordar que esta definición de potencia efectiva media se hace para una señal de video con 0 IRE, siendo el caso en que se pide al transmisor que drene la mayor potencia, porque si se transmite una escena en blanco al 100%, la potencia media será la mínima, cuando se calcula la potencia necesaria a transmitir, se hace para el caso de máxima transferencia de potencia y sin señal de audio.

Recordando que en la actualidad se transmiten 40.1 Watts de pico de sincronismo, la potencia efectiva media será:

$$P_{Ej_{media}} = 0.598P_{ef_{sync}} = (0.598)(40.1) = 23.979W_{RMS}$$

El valor anterior se obtiene para una portadora modulada por señal de video con nivel de 0 IRE, ésta es la potencia que se toma en cuenta porque la señal de video normal no permanece constante, sino que varía en proporción a la variación de la señal de video, con un máximo de potencia transmitido cuando la señal de video consiste en una escena oscura, y un mínimo de potencia para una escena con nivel de blanco al 100% (potadora modulada al 87.5 %).

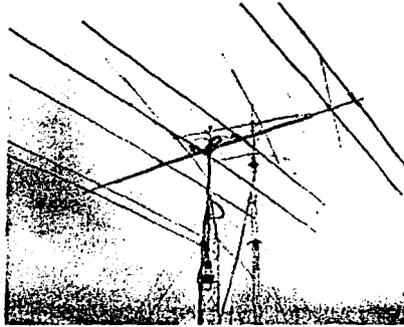
La diferencia existente entre la potencia calculada y la potencia que se envía en la actualidad se debe a que el modelo aplicado es para telefonía celular y considera que la antena receptora puede ubicarse a la altura de una persona, y en el caso de nuestro canal, las antenas se ubicarán sobre los edificios, con lo que se mejora mucho la recepción. Una consideración más a tener en cuenta, muy importante, es que de las medidas de campo realizadas en varios edificios, ninguna dió los 80 dBμ μV/ m, aunque los valores fueron muy cercanos, de 60 a 70 dBμ μV/ m en promedio.

De las consideraciones anteriores podemos concluir que aumentando un poco la potencia del transmisor, podemos realizar nuevas mediciones, hasta llegar a encontrar el valor para el que se cumple la NOM. Lo que se logrará sin acercarnos siquiera a la capacidad máxima de diseño, de 100 Watts RMS para el intervalo de sincronismo, o 59.2 Watts RMS potencia media.

### 5.3 Medición de la calidad de la señal.

**Antena.** Una antena es un circuito eléctrico formado por autoinducción (inductancia), capacidad (capacitancia) y resistencia, cuyas dimensiones son de orden comparable a la longitud de onda

correspondiente a la frecuencia de la corriente alterna de alta frecuencia que lo atraviesa. La longitud de onda viene dada por la relación entre la velocidad de la luz en el vacío y la frecuencia de la señal.

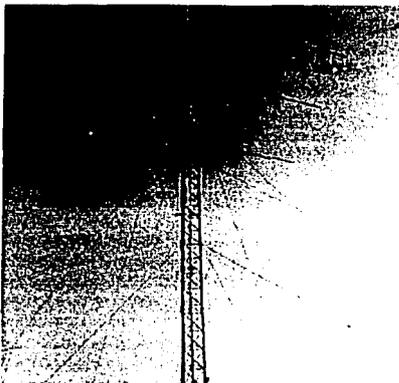


**Radiación.** Cuando las corrientes de alta frecuencia (RF) circulan por un circuito cuyas dimensiones son de orden comparable a la longitud de onda equivalente - digamos mayores que 0,1 longitudes de onda- la energía presente en el circuito puede «escapar» por radiación y el circuito se convierte en una antena.

**Campo electromagnético.** La circulación de corriente de alta frecuencia por una antena da lugar a una radiación de energía de RF. Esta energía radiada crea un campo electromagnético formado, como su nombre sugiere, por un campo eléctrico y otro magnético entrelazados y perpendiculares entre sí y que se reparten entre cada uno la energía efectivamente radiada. La intensidad de ese campo depende de dos magnitudes: la longitud por la que circula la RF y la intensidad de ésta. La intensidad de la corriente de RF y por lo tanto el campo creado son máximos cuando la antena es resonante a la frecuencia de trabajo. El campo electromagnético se propaga por el espacio a la velocidad de la luz, y su intensidad, que se mide en voltios por metro (V/m) disminuye con el cuadrado de la distancia.

**Antena resonante.** Una antena adquiere su máxima eficiencia radiante cuando es resonante; es decir, cuando la combinación de la inductancia y capacitancia de los conductores que forman el circuito resuenan eléctricamente a la frecuencia de trabajo. Eso se produce en un conductor aislado cuando se le aplican o inducen en él corrientes de alta frecuencia tales que supongan una onda de longitud doble a su longitud física; se dice que estamos en presencia de una antena de media onda. Así pues, un conductor extendido, aislado y de una longitud de 20 m resonará, de forma natural, a una frecuencia tal que genere una onda de 40 metros. A las antenas se las puede hacer resonar, además, a frecuencias armónicas, de la principal (doble, triple, etc.), posibilitando el funcionamiento de las mismas como «multibanda».

**Antena receptora.** Inversamente al caso de la antena emisora, la presencia de un conductor aislado en un campo electromagnético da origen a tensiones de RF en ese conductor; estamos ante una antena de recepción. Al igual que en la antena de emisión, la cantidad de energía recogida (absorbida) del campo electromagnético depende, además de la intensidad del campo, de la longitud del hilo conductor sometido a ese campo, pero también de la posición del conductor respecto de los ejes del campo y, al igual que en la antena de emisión, el rendimiento y la energía recogida son máximos cuando la antena es resonante. En algunas antenas específicas para recepción, sin embargo, se busca precisamente la condición contraria; es decir, que sean «antirresonantes» aunque el nivel de las señales útiles obtenidas sea más bajo, porque ello puede mejorar la relación señal/ruido.



**Polarización.** La energía presente en el campo electromagnético se desplaza desde el punto de origen, expandiéndose alrededor del mismo y debilitándose a medida que se aleja del emisor. Según la posición que ocupe en el espacio el conductor de la antena por el que circule la corriente de RF, el campo eléctrico creado tendrá su eje en dirección vertical, horizontal o inclinada, dando lugar así a un campo polarizado en esa dirección.

**Diagrama de radiación.** La energía de RF se expande hacia el espacio pero no lo hace con igual intensidad en todas direcciones, a menos que usemos una antena que presente un *diagrama de radiación* perfectamente esférico; esa antena teórica se denomina *isotrópica*. Las antenas prácticas radian -y reciben- preferentemente en unas direcciones determinadas, mientras que en otras presentan muy poca radiación. Una antena de *media onda* formada por un hilo rectilíneo y situada en el espacio libre, radia la mayor parte de la energía en dirección perpendicular al hilo y esa radiación disminuye a medida que el ángulo de salida se aproxima al hilo, llegando a cero en la misma dirección del hilo.

Una representación gráfica de la intensidad relativa de la radiación en el espacio se denomina *diagrama de radiación* y, en el caso de la antena dipolo de  $1/2$  onda, tiene la forma de un «donut» con su orificio central igual al diámetro del hilo.

Ello nos lleva a considerar dos tipos de diagrama de radiación, uno en el *plano horizontal* otro en el *plano vertical*. La antena de *media onda* presenta un diagrama horizontal en forma de «ocho» y emite y recibe por igual en dos sentidos, en una dirección perpendicular al hilo. El diagrama vertical de una antena determina la cantidad de energía que se envía con el *ángulo de salida* adecuado para el circuito a cubrir.

**Antenas verticales y horizontales.** El campo eléctrico está en la dirección del hilo y, por lo tanto, la denominación vertical u horizontal se aplica también a la polarización del campo eléctrico producido.

Las *antenas verticales* radian uniformemente alrededor del horizonte, producen campos polarizados verticalmente y tienen, por lo general, ángulos de salida bajos que las hacen adecuadas para cubrir largas distancias en HF, o para ser utilizadas en áreas urbanas en VHF y UHF.

Las *antenas horizontales* generan campos electromagnéticos polarizados horizontalmente, radian preferentemente en dirección perpendicular al conductor y su ángulo de salida depende mucho de su altura respecto al suelo. Una antena horizontal a baja altura y por efecto de la reflexión de la onda en el suelo, envía la mayor parte de la energía hacia arriba.

**Ganancia de una antena.** Se entiende por ganancia de una antena el incremento en la *potencia radiada aparente* que se experimenta en una dirección dada, a expensas de una reducción en otras direcciones. Una antena real radia preferentemente en una o varias direcciones determinadas. La ganancia de una antena se mide por comparación con la potencia que sería necesario aplicar a una antena patrón para producir, en la misma dirección y a igual distancia, un campo electromagnético de la misma intensidad.

La antena patrón con la que se compara una antena real puede ser bien una antena isotrópica ideal, bien un dipolo de  $1/2$  onda aislado en el espacio.

**Impedancia de un sistema de antena.** Toda antena es un circuito resonante y, como tal, contiene autoinducción y capacidad, además de cierta resistencia. Por ello, y excepto en las frecuencias de resonancia (que pueden ser más de una), donde las *reactancias* inductiva y capacitiva se cancelan entre sí, quedando sólo la resistencia, casi siempre aparece alguna reactancia residual además de la resistencia y se usa el término *impedancia* (combinación de las tres magnitudes) para designar la resistencia resultante. El valor de la impedancia en el centro de un dipolo de  $1/2$  onda en el espacio es de 72 ohmios a su frecuencia de resonancia.

Este es el valor de la *resistencia de radiación* del dipolo. En una situación real, cerca de la tierra, la impedancia en el centro del dipolo de  $1/2$  onda es algo inferior (entre 40 y 60 ohmios). La antena vertical de un  $1/4$  de onda con plano de tierra, que es a modo de medio dipolo presenta en su base una impedancia de 36 ohmios (mitad de 72). Otras configuraciones de antenas u otros puntos de alimentación sobre una misma antena pueden dar lugar a valores de impedancia muy distintos.

**Alimentación de las antenas.** Los valores de tensión e intensidad relativas a lo largo de una antena varían entre amplios márgenes, y de ello se deduce que la *resistencia aparente* de la antena será

distinta según cuál sea el punto de alimentación escogido. Así, se puede alimentar una antena en *tensión* por un punto en que ésta sea elevada, o hacerlo en *corriente* si se escoge un punto distante 1/4 de onda del anterior.

El cable coaxial que se utiliza comúnmente para alimentar las antenas tiene una impedancia característica de un valor entre 50 y 100 ohmios, así que frecuentemente se procura escoger la geometría y el punto de alimentación de las antenas de forma que su impedancia caiga en esa gama de valores. El cable más grueso presenta menores pérdidas y es por ello recomendable en las bandas de frecuencia más elevadas. Una línea casera que da muy buenos resultados, aunque incómoda de instalar, es la llamada *línea abierta* formada por un par de conductores paralelos, espaciados entre 70 y 100 veces su diámetro y mantenidos en posición por separadores aislantes.

### 5.3.1 Diseño de un prototipo de antena para la recepción del canal 60

#### ANTECEDENTES.

Partiendo de la necesidad de una buena recepción de la señal del Canal Universitario, se diseñó y construyó una antena prototipo con la finalidad de cubrir la necesidad antes mencionada, es por ello que propusimos una antena tipo diedro de ocho elementos con dipolo simple, ya que para esta banda de frecuencias (UHF), resulta tener un buen desempeño en esta banda.

Se partió de una antena similar, la cual no cumplía con las expectativas de calidad de señal, es decir al ser una antena comercial no se cubriría la necesidad específica para la recepción del canal, además de representar una baja inversión en el desarrollo en el desarrollo del nuevo prototipo, porque como ya lo mencionamos no se tuvo que adquirir material adicional.

Durante el desarrollo de este proyecto se realizaron una serie de pruebas con el objetivo de comprobar el funcionamiento adecuado del prototipo de antena diseñado al inicio. Dichas pruebas se realizaron dentro del Campus Universitario y en el Laboratorio de Electromagnetismo de la División de Ingeniería Eléctrica Electrónica de la Facultad de Ingeniería, con la asesoría del Ingeniero Mario A. Ibarra Pereyra.

Durante las pruebas realizadas en TV UNAM para la recepción de la señal del canal , se planteó la necesidad de diseñar un prototipo de antena cuya recepción fuera óptima.

En el desarrollo de las pruebas de recepción de señal se empleó una antena tipo diedro que según especificaciones del fabricante operaba en el rango de UHF, sin embargo esta antena era multibanda, por ello se pensó en diseñar un prototipo de antena que resonara exactamente a la frecuencia central del canal.

La antena empleada en un principio era una antena diedro de 10 elementos, con dos brazos reflectores, cada uno con 5 elementos y un brazo central en el cual se encontraba montado un dipolo de tipo doblado .

El diseño del prototipo de antena óptima se basó en esta antena, se modificó la longitud de los brazos, el ángulo entre ellos, el número de elementos en cada brazo y se sustituyó el dipolo doblado por un dipolo simple. Todo ello basado en cálculos teóricos, los cuales se muestran a continuación.

**PROCEDIMIENTO DE DISEÑO.**

Debido a que la frecuencia central del canal 60 es 749 MHz (746 MHz - 752 MHz), se tiene el siguiente diseño:

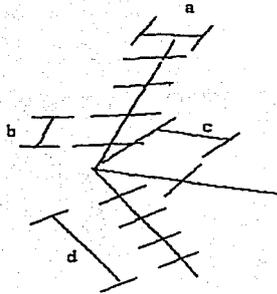
$$\lambda = \frac{c}{f}$$

$$c = 3 \times 10^8 \frac{m}{seg}$$

$$f = 749 \text{ MHz}$$

$$\lambda = \frac{c}{f} = 0.40 \text{ m}$$

donde:  $c$  : Velocidad de la luz.  
 $f$  : Frecuencia.  
 $\lambda$  : Longitud de onda.



donde :

$a$  : longitud de las varillas.  
 $b$  : separación entre varillas.

c : separación entre centro y dipolo simple.  
 d : longitud de cada brazo del reflector.

$$\begin{aligned} a &= 0.6 \lambda \\ b &= 0.5 \lambda \\ c &= 0.4 \lambda \\ d &= 2 \lambda \end{aligned}$$

entonces:

$$\begin{aligned} a &= 0.6 (0.4) = 0.24 \text{ m} \\ b &= 0.5 (0.4) = 0.20 \text{ m} \\ c &= 0.4 (0.4) = 0.16 \text{ m} \\ d &= 2 (0.4) = 0.80 \text{ m} \end{aligned}$$

Para el Dipolo simple :

$G = 2.15 \text{ dB}$  (Ganancia del Dipolo Simple con respecto a una antena isotrópica)

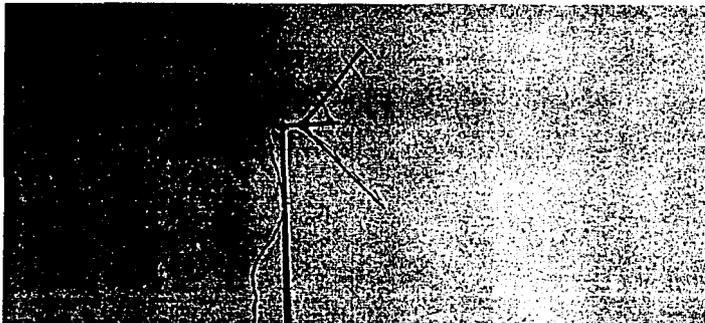


$$l = \frac{\lambda}{2}$$

donde :

$l$  : longitud del dipolo

entonces:  $l = 0.20 \text{ m}$



### 5.3.2 Medición de campo de la señal de televisión.

#### PRUEBA 1

- La primer prueba realizada a nuestro prototipo tuvo como fin observar el comportamiento práctico de dicho prototipo.
- Las mediciones realizadas en ésta ocasión únicamente fueron realizadas para el canal 60.
- El comportamiento de la antena prototipo fue comparado con una antena circular (antena patrón con 0 dB de ganancia, según especificaciones del fabricante) y con un cable coaxial RG 6/U de la misma longitud (3.4 m) en ambos casos.

CANAL	ANTENA CIRCULAR dB $\mu$ V	ANTENA PROTOTIPO dB $\mu$ V
60	80	45

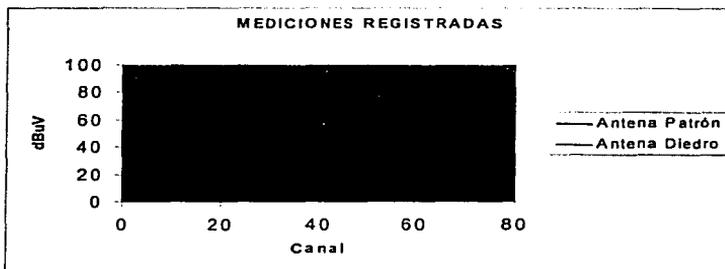
- En esta ocasión no se tomó en cuenta que para el caso de un dipolo simple, como en el caso de nuestro prototipo, la impedancia característica de dicho dipolo es de 75  $\Omega$ , misma impedancia que la del cable coaxial utilizado, en este caso utilizamos un acoplador de 300 - 75  $\Omega$ , con lo cual no se tenía un buen acoplamiento de impedancias y por lo tanto no teníamos una máxima transferencia de potencia.
- Otra posible consecuencia de que nuestra medición haya sido tan baja es por la alimentación de nuestro dipolo, ya que al alimentarlo posiblemente existía un corto circuito en este, ya que ambas puntas de la alimentación iban al mismo punto de dicho dipolo.
- Esta prueba fue realizada en el Jardín de TV UNAM y en laboratorios de la Facultad de Ingeniería.

#### PRUEBA 2

- En esta ocasión la prueba consistió en analizar la intensidad de campo para varios canales de UHF<sup>1</sup>.
- El comportamiento de la antena prototipo fue comparado con una antena circular (antena patrón con 0 dB de ganancia, según especificaciones del fabricante) y con un cable coaxial RG 6/U de la misma longitud (3.4 m) en ambos casos.
- Para esta prueba se eliminó el acoplador de impedancias y se corrigió la alimentación del dipolo, ya que como se mencionó la alimentación del dipolo era en el mismo punto con lo cual posiblemente se tenía un corto circuito, la manera de corregir este problema fue partiendo el dipolo por el centro y conectando a cada mitad una punta del cable coaxial.
- Las lecturas en el jardín de TV UNAM (lugar donde se efectuó la prueba) fueron las siguientes:

<sup>1</sup> UHF, Ultra High Frequency.

CANAL	ANTENA CIRCULAR dB $\mu$ V	ANTENA PROTOTIPO dB $\mu$ V
22	74	60
28	63	45
34	74	60
40	80	66
60	80	87

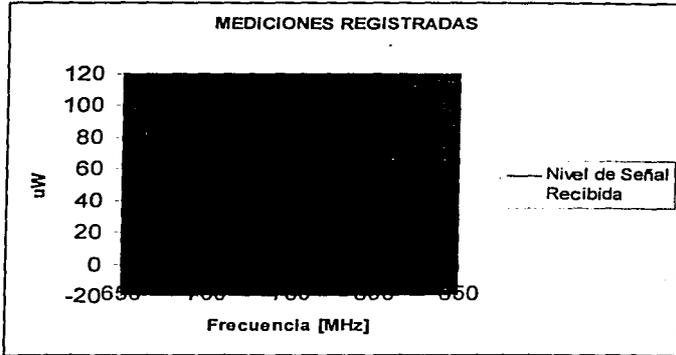


- Estas pruebas fueron realizadas el viernes 9 de noviembre de 2001.
- Para las mismas características en la antena se realizaron pruebas en la Facultad de ingeniería esto con el fin de conocer la frecuencia a la cual se tiene una mejor respuesta de la antena, los resultados fueron los siguientes:

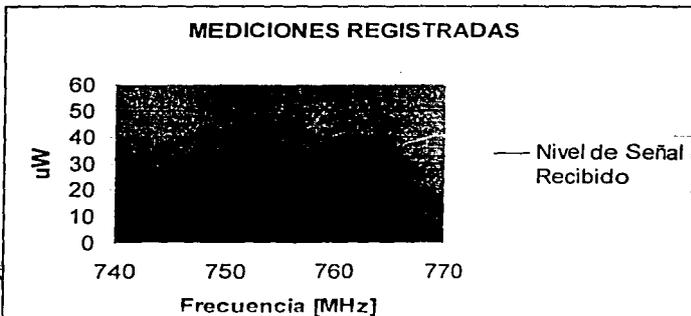
FRECUENCIA MHz	NIVEL DE SEÑAL RECIBIDA $\mu$ W
700	70
710	72.8
720	109.5
730	71.6
740	1.86
750	39.4
760	3.0
770	1.3

**TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN**

780	6.06
790	2.02
800	2.45



FRECUENCIA MHz	NIVEL RECIBIDO $\mu W$
745	5.9
750	35.4
755	36.9
760	55.3



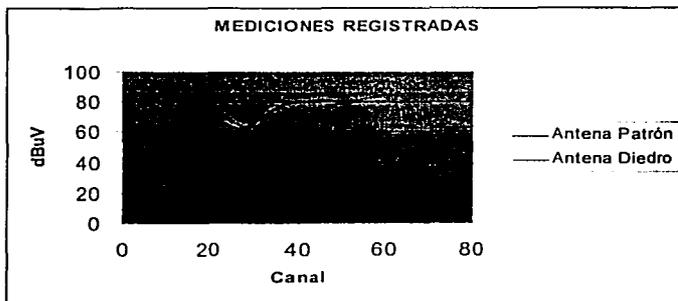
TESTES CON  
 FALLA DE ORIGEN  
 NO SISEL

- En estas pruebas se utilizó un generador de señales "GENERAL RADIO COMPANY" 1362 UHF y un analizador EPM-441<sup>a</sup> HP, en ambos casos la impedancia de dichos instrumentos es de 50  $\Omega$  con lo cual no tenemos un buen acoplamiento.
- En esta medición se utilizaron varios acopladores por lo que los acoplamientos podrían no ser los óptimos.

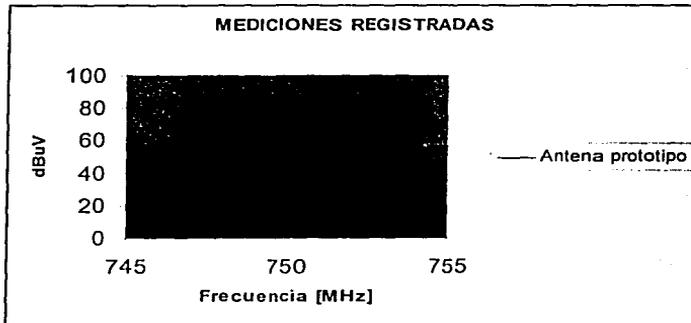
**PRUEBA 3**

- En esta ocasión la prueba consistió en analizar la intensidad de campo para varios canales de UHF<sup>2</sup>.
- El comportamiento de la antena prototipo fue comparado con una antena circular (antena patrón con 0 dB de ganancia, según especificaciones del fabricante) y con un cable coaxial RG 6/U de la misma longitud (3.4 m) en ambos casos.
- En esta ocasión los brazos de la antena fueron colocados hacia adentro, esto es, los dipolos de ambos brazos tenían su parte frontal hacia dentro, también fue cortado el brazo central.
- Las lecturas en el jardín de TV UNAM fueron las siguientes:

CANAL	ANTENA CIRCULAR dB $\mu$ V	ANTENA PROTOTIPO dB $\mu$ V
22	74	68
28	63	62
34	74	78
40	80	74
60	80	85

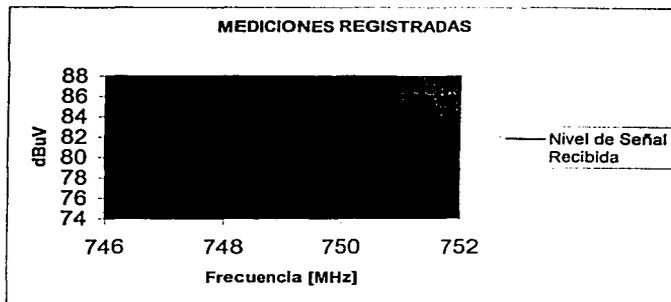


CANAL 60 MHz	ANTENA PROTOTIPO dB $\mu$ V
746	48
747	79.3
748	70
749	63.6
750	56.9
751	62.8
752	70.0



FRECUENCIA MHz	dB $\mu$ V
747.25	86.4
751.75	75.8

<sup>2</sup> UHF, Ultra High Frequency.

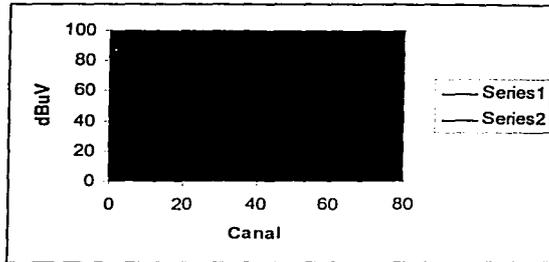


- Debido a que pudimos observar el desarrollo práctico de la antena, fue posible ir haciendo modificaciones a esta, ya que como observamos los cálculos teóricos proporcionan un comportamiento ideal.

**PRUEBA 4.**

- Para esta prueba se realizó la construcción de un segundo prototipo de antena, con características idénticas al primer prototipo diseñado y construido, la razón por la que se construyó este segundo prototipo fue la de contar con otra antena idéntica para hacer una comparación de las lecturas tomadas durante las pruebas, es decir para que estas fueran más precisas y además de poder caracterizar con un analizador de redes las dos antenas, modelando así una antena transmisora y otra antena receptora. Esta prueba se describe más adelante.
- Una vez que se tenían los dos prototipos de antenas, se hizo la prueba de sintonizar los canales de televisión 22,28,34,40 y el Canal de interés, el Canal 60.
- Para esta prueba se empleó un mástil de 2.5 metros de altura, y se realizó el día 29 de Noviembre de 2001 en el jardín de TV UNAMa las 13:00 hrs.
- Los resultados se muestran en la siguiente tabla.

CANAL	MEDICION [dBμv] ANTENA 1	MEDICION [dBμv] ANTENA 2
22	75	79
28	66	64
34	81	80
40	80	79
60	79	83



#### PRUEBA 5.

- Esta prueba se realizó el día 29 de Noviembre de 2001.
- Dicha prueba consistió en realizar un recorrido por el Campus Universitario, con los dos prototipos de antenas para comparar las lecturas de cada prototipo.
- Los lugares y resultados que se obtuvieron en esta prueba se muestran a continuación:

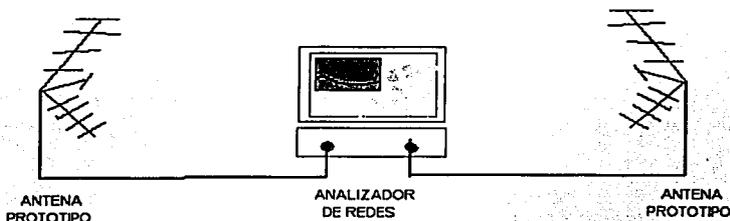
LUGAR	MEDICION PROTOTIPO 1 [dBμV]	MEDICION PROTOTIPO 2 [dBμV]
Trabajo Social	39	42
Rectoría	45	45
CUAED	40	45

#### PRUEBA 6.

- Esta prueba se realizó el día 13 de Diciembre de 2001, en el laboratorio de Antenas de la Facultad de Ingeniería, a las 19:10 hrs. La prueba consistió en lo siguiente:
- Se colocaron los dos prototipos de antenas, una como antena transmisora y la otra antena como antena receptora, esto con la finalidad de caracterizar a todo el sistema y así obtener por medio de un analizador de redes la ROE (Relación de Onda Estacionaria), la gráfica de respuesta en frecuencia de la antena receptora, con el objetivo de observar la mejor región de operación.
- Por otro lado se verificó con el medidor de intensidad de campo de TV UNAM, que la frecuencia aplicada a la antena transmisora por el Generador de Señales del laboratorio fuera la que indica su carátula.
- Con respecto a los resultados sobre la respuesta en frecuencia, se obtuvo que para el intervalo de 745 a 760 [MHz], el prototipo de antena tiene una respuesta en frecuencia casi plana, lo que

garantiza una buena resonancia para dicho intervalo. La gráfica obtenida por el analizador de redes no fue posible obtenerla en papel (imprimirla), ya que el puerto de impresión del analizador de redes actualmente no es compatible con los puertos de las impresoras. La ROE obtenida fue de 1.3

- El esquema de la prueba se muestra a continuación:

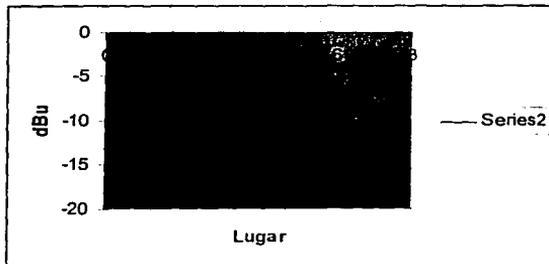
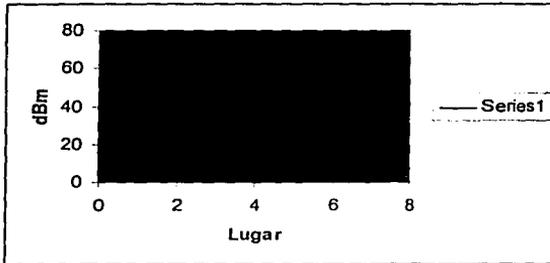


- El equipo analizador de redes fue un Network Analyzer modelo 8753C Hewlet Packard, con un rango de operación de 300 KHz a 6 GHz.

### PRUEBA 7.

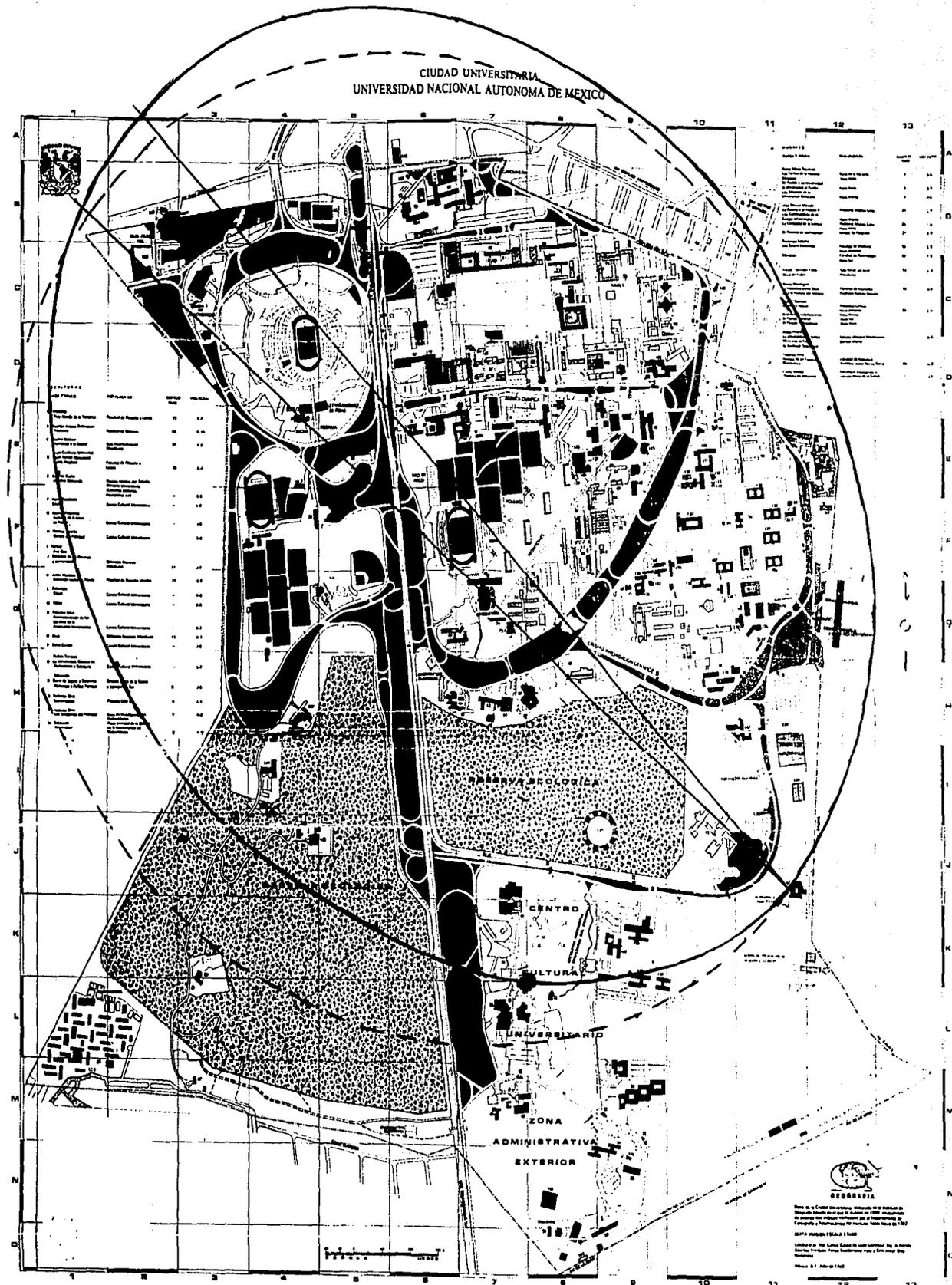
- En esta ocasión únicamente se modificó el tipo de alimentación de los dipolos de las antenas prototipo, ya que con la alimentación que se tenía se afectaba el desempeño de la misma, además de no obtener los mejores resultados.
- La modificación consistió como ya se había mencionado en cambiar la alimentación que se tenía, ya que dicha alimentación era directa, es decir, se conectaba directamente el cable coaxial al dipolo de la antena, esto mediante dos terminales atornilladas al centro del dipolo. Lo que se hizo fue realizar un circuito impreso para la alimentación, básicamente lo que se realizó fue colocar el dipolo sobre el circuito impreso, separándolo por el centro, esto para no tener un posible corto circuito, además de agregar un conector de RF para así poder conectar cualquier cable coaxial de la longitud que se desee, en el caso nuestro es cable coaxial RG 6 que según el fabricante las pérdidas son mínimas (y es el cable que se recomienda para la instalación de las antenas en los sitios que vayan a ser instaladas).
- Para poder comprobar si la alimentación de la antena con el circuito impreso era la adecuada procedimos a realizar pruebas que anteriormente habíamos hecho en el campus universitario. Esto consistió en ir a distintos lugares dentro del campus universitario con el analizador de campo electromagnético (Signal Scout RFM151 RF Analyzer), además en esta ocasión en el recorrido se contó con un televisor que era sintonizado en el canal 60 y era observada la calidad de la señal con las antenas prototipo.
- Los resultados se muestran en la siguiente tabla:

LUGAR	LECTURA VISUAL [dBm]	LECTURA AURAL [dB $\mu$ ]
Anexo de la Fac. Ingeniería (DIE) [1]	64	-11
Facultad de Contaduría [2]	50	-16
Escuela Nacional de Trabajo Social [3]	50	-8
Rectoría [4]	69	-12
Casa Club del Académico [4]	49	-11
Facultad de Psicología [5]	60	-10
Facultad de Medicina [6]	71	-10



Finalmente partiendo de los resultados obtenidos a lo largo del desarrollo del prototipo de antena propuesto, tenemos que este prototipo puede ser utilizado satisfactoriamente dentro del campus universitario con una adecuada instalación.

CIUDAD UNIVERSITARIA  
UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

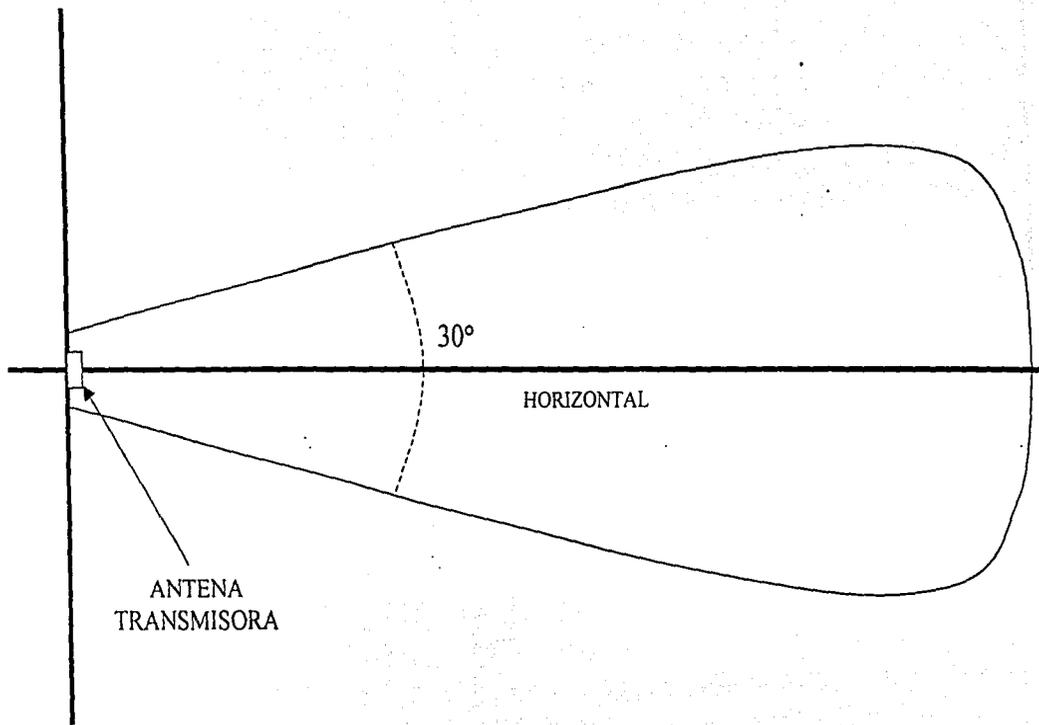


## MAPA I

--- PATRON DE RADIACION DE UN DIPOLO  $\lambda/2$

— PATRON DE RADIACION DE LA ANTENA ADQUIRIDA

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN



MAPA II

Patrón vertical de radiación de la antena JUHD-1

## CAPITULO VI.

# ASPECTOS GENERALES DE LA TELEVISION DIGITAL.

### 6.1 La televisión digital.

La transmisión de la señal de TV analógica terrestre presenta algunos graves inconvenientes; entre ellos podemos destacar la propagación multitrayecto (imágenes dobles o fantasmas) y la falta de flexibilidad, lo que impide el desarrollo de la implantación de nuevos servicios cada vez más demandados y que sí pueden ser cubiertos por las transmisiones digitales o por cable.

Para que la TV digital vía terrena suponga una mejora respecto a la analógica deberá utilizar un tipo de modulación que sea particularmente robusta frente a la propagación multitrayecto y que permita la introducción de nuevos servicios. Esto se consigue con la modulación COFDM en DVB y 8VSB en ATSC. Estas modulaciones cumplen con los requisitos de protección frente a ecos y ahorro del espectro deseable.

Una de las grandes aportaciones de la TV digital terrestre va a ser la posibilidad de establecer redes de frecuencia única (SFN), de modo que todos los transmisores situados a lo largo de un territorio para transmitir un programa determinado lo hagan utilizando la misma frecuencia. Al menos teóricamente será posible cubrir todo el país utilizando un solo canal de UHF por programa.

La introducción de los nuevos canales digitales no va a suponer la desaparición inmediata de las transmisiones analógicas. Es necesario un período de transición durante el cual las transmisiones analógicas estarán presentes y, por lo tanto, el mismo programa va a ser emitido de manera analógica y digital.

Hay un hecho que hace que la confianza en el pleno desarrollo de la TV digital terrestre sea plena, aunque su introducción sea posterior a la de sus homónimas por cable y satélite: es la única que puede asegurar la completa cobertura de los territorios sin costo para el usuario.

Además de las ventajas ya señaladas anteriormente, la TV digital terrestre posibilita también las siguientes:

- La recepción portátil con ausencia total de doble imagen.
- Reducción de la potencia transmitida necesaria para mantener la misma cobertura que los servicios analógicos actuales.
- Posibilidad de implantación de nuevos servicios, como TV de alta definición, vídeo bajo demanda, múltiples canales de sonido, datos, etc.
- Considerable ahorro espectral, lo que significa la posibilidad de transmitir un gran número de programas en el futuro

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

El gestor de esta revolución en Europa ha sido y es el proyecto **DVB (Digital Video Broadcasting)**. Y en América la **ATSC (Advanced Television System Committee)**. Con estas siglas se conoce al proyecto europeo y americano que tienen por objetivo establecer, por consenso, el marco técnico para la introducción de los sistemas de TV digital que serán usados por los radiodifusores. Este proyecto ha desarrollado los estándares de transmisión de señales digitales vía satélite, cable y terrestre, analizando en este caso únicamente la transmisión terrestre, optando paralelamente por el **MPEG-2 (Moving Pictures Expert Group)** como estándar de codificación de audio y video, que será analizado mas adelante en este capítulo.

La elección del estándar de codificación **MPEG-2 (Grupo de Expertos en Imágenes en Movimiento)** ha sido motivada por:

- Su estructura paquetizada, que facilita las tareas de sincronización y permite el transporte de todos los componentes en una misma trama binaria.
- La idoneidad del sistema para el almacenamiento, ya que la trama binaria incluye la propia información de presentación para posibilitar el ordenamiento de multitrayecto (TV digital terrena).

Estas características técnicas traerán consigo un gran numero de ventajas no sólo a los usuarios, sino también al resto de los participantes que están estableciendo la TV digital.

- Fabricantes: aparecerán nuevas oportunidades de negocio.
- Radiodifusores: menor costo de alquiler de transpondedores por programa y mayor oferta a los usuarios.
- Operadores: mayor oferta de canales debido al aprovechamiento del ancho de banda.
- Instaladores: reformas y actualizaciones de instalaciones.

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

Los sistemas de difusión digital definidos en el proyecto DVB representan una familia de especificaciones que se ajustan a las características del medio de transmisión en el que se aplican.

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

Los tres sistemas de difusión (satélite, cable y terrestre) tienen en común la señal fuente (MPEG-2), así como algunas partes de codificación, tales como la protección contra errores de código de bloque empleado (Reed Solomon 204,188), algoritmo para realizar la dispersión de energía y entrelazado (interleaving). Sin embargo, los sistemas de modulación empleados son dependientes del medio de transmisión.

## Aplicaciones interactivas en TV

Presentan las siguientes características:

- Requieren una concepción totalmente nueva.
- Nuevas interfaces de usuario con nuevos paradigmas (teclado).
- Principalmente del tipo "push".
- Asociadas en muchos casos a la programación de TV
- Se debe tener muy en cuenta las capacidades gráficas del receptor: baja resolución, entrelazados,...
- Se suele hacer uso a una distancia muy superior a la de una PC.
- Aplicaciones concebidas para ofrecerse a través de la TV

Estas aplicaciones pueden ser:

- Guía de programación
- Miniguía
- Guía Radio/Música
- Realización compartida
- Concursos, participación en juegos
- Canal meteorológico
- Canal tráfico
- Descarga de software por abono del canal
- Descarga de software con pago por paquete
- Telebanca
- Telecompra
- Telecarga monedero
- Acceso Web
- Publicidad sincronizada
- Publicidad personalizada
- Juegos
- Mensajería
- Pago por evento (PPV, IPPV)
- 

## 6.2 Digitalización de la señal de televisión.

La tecnología digital esta involucrándose en toda la industria y al mismo tiempo afectando muchas partes de nuestra vida en cuanto a tecnología se refiere. Aunque todavía estamos viviendo en un mundo analógico. La luz y el sonido existen naturalmente en forma analógica y nuestros sentidos de ver y oír están hechos para ello. Las primeras máquinas para capturar, grabar y manipular video y sonido son analógicas, pero hoy en día es sencillo producir equipo digital para ese tipo de trabajo. Las tecnologías utilizadas para convertir imágenes de TV de analógico a digital se encuentran en el estándar para televisión ITU- R 601.

### ¿Porqué dígitos?

La tecnología digital utilizada en televisión generalmente es complicada, y mucha de esta representa el estado del arte de la tecnología digital. La razón por la que es muy popular en la industria de la computación y asegura que la necesidad de componentes electrónicos para el desarrollo de la tecnología digital es relativamente sencilla y está disponible para continuar desarrollándose. Pero la preferencia por los dígitos es por la calidad y el poder que dan para poder manipular y manejar las imágenes. Por la mayor precisión que se tiene para manejar cada aspecto de la señal analógica, todos los circuitos digitales tienen que hacer la diferencia entre(o generar), dos estados eléctricos, "on" y "off", "alto" y "bajo", "1" y "0". Esto es relativamente sencillo y tenemos como resultado

una fidelidad (calidad en la imagen) excelente, en grabación y en el proceso de copiado o cambio de formato no se tienen pérdidas, se tiene un gran potencial para producir efectos mas allá de lo que es posible de una forma analógica.

### Conversión Analógico - Digital.

El proceso de conversión ocurre en tres partes; preparación de la señal, muestreo y digitalización. Cualquiera de las señales compuestas PAL, SECAM o NTSC pueden ser convertidas. Con el incremento del uso de la señal por componentes, definida en la especificación ITU - R 601.

Existen dos tipos de señal por componentes: Red, Green y Blue (RGB) y Y, R - Y, B - Y, este segundo tipo es utilizado la mayoría de las veces en la televisión digital y es incluida en el Capítulo I. R-Y y B-Y son señales de diferencias de color y Y representa la luminancia. Cámaras, reproductores etc., generalmente producen señales RGB. Estas son convertidas fácilmente en Y, R - Y y B - Y, utilizando una matriz resistiva.

### Preparación de la señal.

El convertidor analógico - digital (ADC) solo opera correctamente si las señales que se le aplican a este son correctamente codificadas. Existen dos pasos principales para esto. El primero involucra un amplificador para asegurar el rango de voltaje y amplitud correctas para ser entregados al ADC. Por ejemplo, la amplitud de la luminancia entre el blanco y negro no debe ser mayor al rango que acepte el ADC. El ADC tiene un número finito de niveles ( un ADC de 8 bits puede tener únicamente 256 salidas) Con las cuales se describe la señal. La importancia de esto es que en las especificaciones ITU - R 601 menciona que el negro corresponde al nivel 16 y el blanco al nivel 235 dejando los niveles restantes para errores, ruido etc., en el ADC. Igual para las diferencias de color, el cero corresponde al nivel 128 y la amplitud total del color al nivel 225 .

El segundo elemento para la preparación de las señales debe de ser un filtro paso bajas, para prevenir el paso de frecuencias entre el límite de la banda de luminancia de 5.75 MHz y la banda límite de la diferencia de color de 2.75 MHz.. Si no se hace esto se pueden ver errores en la imagen (retrasos). Por esta razón los filtros paso bajas cortan las frecuencias que están fuera del límite de la banda.



Fig. 6.1 Digitalización de la señal RGB.

### Muestreo y Digitalización.

Después de haber pasado las señales por el amplificador y el filtro paso-bajas, son enviadas a los ADC en donde son muestreadas y digitalizadas. Normalmente dos ADC's son utilizados, uno para la luminancia Y, y el otro para la diferencia de colores R-Y y B-Y. Una vez con la señal en los ADC's, estos toman muestras de la señal analógica (para crear pixeles) y cada una de ellas recibe un pulso de reloj (generado por la señal de sincronía). Para Y la frecuencia del reloj es de 13.5 MHz y

para cada canal de diferencia de color R-Y y B-Y es la mitad( 6.75 MHz), lo que nos da un total de 27 MHz de velocidad de muestreo.

La amplitud de cada muestra es medida con precisión en el ADC. Este valor es después expresado en la salida por un número binario y la conversión analógico digital se ha completado, tenemos:

Analógico	Digital
R - Y	Cr
B - Y	Cb

### Frecuencia de Muestreo (Clock).

La frecuencia (clock) a la que es muestreada la señal es crucial para la exactitud de la conversión analógico - digital. Con el objetivo de que sea posible reconstruir nuevamente la señal analógica. El teorema de Nyquist nos dice que para poder recrear la señal original de una manera eficiente, la frecuencia (clock) de muestreo debe ser dos veces la frecuencia mayor a ser muestreada. En el caso de la figura tenemos  $2 \times 5.5 \text{ MHz} = 11 \text{ MHz}$ . La frecuencia de muestreo de la luminancia es de 13.5 MHz tomando en cuenta las características del filtro y las diferencias entre los estándares de televisión de 625/50 y 525/60. Dado que cada canal de diferencia de color contiene menos información que el canal de luminancia Y, sus frecuencias de muestreo debido a esto son 6.75 MHz.

### Digitalización de la señal de video.

Cómo se vio en el primer capítulo de este trabajo, la forma de onda de la señal de video es continua en el tiempo; para convertir esta señal continua en valores discretos, se toman muestras a intervalos regulares en cada línea, cuantificando el valor de cada una y codificando su valor en código PCM.

La resolución mínima para la cuantificación de la señal de video con calidad suficiente para la televisión se ha encontrado que es de 8 bits, aunque algunas cámaras y equipos la realizan con 10 bits para aumentar la calidad en sus procesos internos como chroma-keys y algunos otros efectos DVE( digital video efectos ). Los equipos que manejan longitudes de palabra de 10 bits tienen en su etapa final un convertidor de 10 a 8 bits para tener una salida normalizada, aunque pueden tener la posibilidad de seleccionar las dos opciones, en el caso de que el siguiente equipo tenga la opción de manejar también 10 bits. Esto ocurre solo en los equipos destinados a la producción, porque para transmisión la longitud de la palabra si debe ser de 8 bits.

Tomando en cuenta que el ancho de banda de la señal de video de los dos principales estándares de transmisión( NTSC y PAL. ) es menor a los 6 MHz y aplicando el teorema de muestreo de Nyquist, así como para evitar que se produzcan interferencias y facilitar el intercambio de programas en formato digital entre estas dos normas, se adoptó una frecuencia de muestreo de 13.5 MHz para la luminancia y de la mitad para Y-R y Y-B, para la señal de video en componentes que se explicó en el capítulo I. La razón de digitalizar el video en componentes en lugar del video compuesto se debe a las múltiples ventajas del primero, principalmente a que digitalizando el video compuesto se sigue teniendo el problema de que primero se debe modular una subportadora de color, con lo que al principio y al final del proceso de la señal televisiva se puede tener el problema del cambio de fase de la subportadora, con lo que debemos tener algún control para corregirlo.

En la primera etapa de digitalización del video surgieron varios formatos que graban el video compuesto, denominados D2 y D3, mismos que aún pueden estar en funcionamiento, pero por sus desventajas fueron discontinuados y ya no se fabrican, por lo que no analizaremos la forma en que digitalizan la señal.

La norma de digitalización con 8 bits y en componentes fue adoptada por los sistemas de transmisión a nivel internacional NTSC y PAL, y convertida en norma mundial, denominada ITU-

R Rec. BT.601-5, fue adaptada de la norma norteamericana SMPTE RP 125. Comúnmente se le llama norma ITU R.601.

La norma anterior define los parámetros de codificación de la televisión digital para la producción tanto en NTSC como en PAL y es válida tanto para señales Y, R-Y, B-Y como R, B, G pero normalmente se utilizan las señales Y, R-Y, B-Y. Se define un muestreo tipo 4:2:2 a 13.5 MHz con palabras de 8 o 10 bits.

La cantidad de muestras de luminancia obtenidas con esta frecuencia es de 720 durante el período activo de línea, como se indica en la figura 1, en tanto que para las señales de diferencia de color se tienen 360 para cada una, por ser la frecuencia de muestreo la mitad de la de luminancia, es decir, 6.75 MHz.

Con los 8 bits definidos por la norma, se puede cuantificar la señal de video en un total de  $2^8 = 255$  + el nivel cero, valores discretos posibles, pero no se utilizan todos, asignándose el valor de 235 para el blanco al 100 % y 16 al negro, como se indica en la misma figura 1, los pulsos de sincronización no se cuantifican por no ser necesario, debido a que son valores conocidos y pueden reproducirse en el receptor con facilidad por saberse el momento en que comienza la muestra 1. Las señales diferencia de color utilizan el sistema binario descentrado, en el que el nivel de supresión de color se ubica en el valor 128 y los picos a 16 y 240 respectivamente.

La razón de que no se utilicen los 256 niveles de cuantificación es para tener cierta tolerancia si se digitalizan señales analógicas que están fuera de la norma de 1 Volt pico a pico o 100 IRE, lo que se puede notar claramente en la figura 6.2.

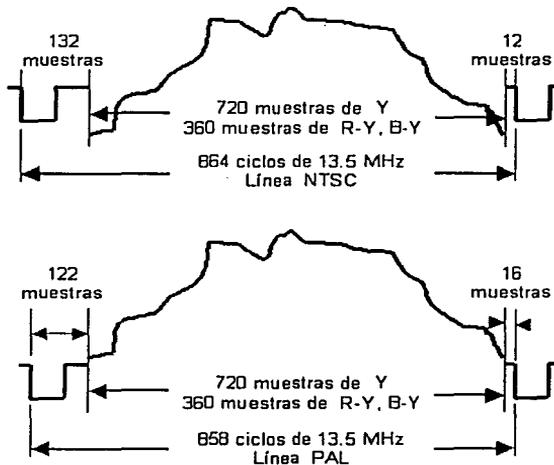


Figura 6-2 Muestras tomadas en una línea activa de video en NTSC y PAL.

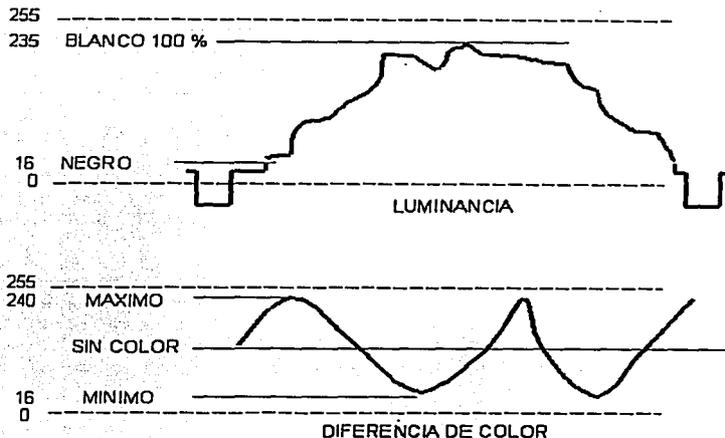


Figura 6-3. Rango de cuantificación de las señales de luminancia y diferencia de color.

Con las frecuencias de muestreo de 13.5 MHz para Y y de 6.75 MHz para R-Y y B-Y, el ancho de banda de Y y R-Y, B-Y se limita por filtrado a 5.75 y 2.75 MHz respectivamente para no tener problemas de "aliasing".

Aún con la limitación de ancho de banda de las componentes, si lo comparamos con el ancho de banda de la señal NTSC, de 4.2 MHz para la luminancia y 1.5 MHz para la crominancia, comprobamos que la calidad del video es muy superior a ésta. Si la comparación se hace con la señal en componentes manejada por el formato BETACAM SP, de 4.5 MHz para Y y 1.5 MHz para la crominancia, vemos que aún resulta ventajoso el manejo del video digital bajo la norma ITU R.601, tomando en cuenta que la calidad manejada por el formato BETACAM ya es bastante buena.

Un punto que falta tratar son las líneas activas de cada cuadro en los formatos NTSC y PAL, debido a que no todas las líneas contienen información de video, siendo el número de líneas activas de 487 y 576 para NTSC y PAL respectivamente, por lo que la diferencia entre el total de líneas de los formatos y las activas pueden no digitalizarse por no contener información, pudiéndose aprovechar para enviar en ese lapso datos referentes a otra información.

Como la frecuencia de muestreo de las señales diferencia de color es la mitad de la de luminancia, las señales R-Y y B-Y se multiplexan en el tiempo y se digitalizan a la misma frecuencia de 13.5 MHz, con lo que tenemos solo dos señales digitales, luminancia y crominancia, ambas con una frecuencia de reloj de 13.5 MHz, posteriormente estas dos señales se multiplexan nuevamente en tiempo para dar una sola señal de video digital con un reloj de 27 MHz y una longitud de palabra de 8 o 10 bits, según la opción que tenga el equipo, con un manejo paralelo interno de los bits, siendo esto común a todos los equipos.

### Formatos reducidos de digitalización a partir de la norma ITU R.601

Si hacemos un sencillo cálculo, vemos que con la norma anterior, el flujo de información únicamente para el video activo es de más de 160 Mb/s para NTSC / PAL, esta cantidad de bits puede no ser problema para los equipos que solo procesan el video, como cámaras, switcher's, DVE's, etc., así como en el caso de la transmisión a corta distancia entre los equipos en la elaboración del programa, pero en la etapa de almacenamiento implica una gran cantidad de recursos económicos y materiales, sea en cinta de video, disco magnético, óptico o cualquier otro medio. En tanto que para la transmisión al telespectador en cualquier forma, requiere un ancho de banda mucho mayor que la transmisión analógica actual en cualquier formato, debido a estos inconvenientes insalvables en la actualidad y en el futuro cercano, se han adoptado sistemas de muestreo y compresión de la señal digitalizada, a partir de la norma ITU R.601, con el fin de disminuir esta alta tasa de bits.

El hecho de aplicar los diferentes métodos de reducción de bits, trae como consecuencia, en todos los casos, una disminución en la calidad de la imagen, pero como vimos anteriormente, debido a que la resolución lograda con la digitalización bajo la norma, supera bastante la calidad de los formatos NTSC y PAL, se busca que aún con la reducción de datos, la calidad de imagen sea todavía superior a la lograda por ellos, lo que se logra en mayor o menor medida según el método adoptado.

Como podremos imaginar, los métodos empleados pueden ser muchos, y cada empresa fabricante de equipo de video puede diseñar uno propio y llamarle como lo desee, por lo que describiremos los más conocidos, así como la(s) empresa(s) que los utiliza(n) y el nombre que dan a su producto final.

El primer paso seguido por los diferentes métodos de reducción de tasa de bits es el de muestrear algún componente( Y, R-Y o B-Y) de la señal de video, a una frecuencia menor a la definida por la norma, normalmente se realiza esto en las señales diferencia de color, como se ve a continuación:

La norma ITU R.601 también es llamada formato de digitalización 4:2:2, la denominación proviene porque por cada cuatro muestras de luminancia que se toman, son tomadas dos de cada señal diferencia de color, de ahí los números 4:2:2, lo anterior se muestra en la figura 6.4 a.

Una forma de obtener una reducción en el número de bits es con el muestreo 4:1:1, que significa tomar cuatro muestras de luminancia por cada muestra tomada a las dos señales diferencia de color, lo que reduce a la mitad el número de muestras de la señal de crominancia, con esto, el flujo total de bits de la señal de video digitalizada disminuye en un 25 %.

El costo en calidad de imagen, de la aplicación de éste método es que el ancho de banda de las señales de color baja de 2.75 MHz a 1.68 MHz como máximo, debido a que la frecuencia de muestreo de las señales diferencia de color disminuye a la mitad de la utilizada en la norma, es decir, a 3.375 MHz, el efecto visible en la imagen es la disminución de la resolución horizontal del color, lo que para un telespectador no resulta visible porque la calidad sigue siendo superior a la señal NTSC. En la figura 6.4 b se ilustra un esquema de éste método.

Otro método, parecido al anterior, es el de muestreo con 4:2:0, lo que significa que una línea de señal es muestreada a 4:2:2, mientras que la siguiente lo es a 4:0:0, es decir una línea es muestreada según la norma, mientras que la siguiente solo contiene muestras de luminancia, y así sucesivamente, éste método también reduce el flujo de bits total en un 25 %, disminuyendo la resolución vertical de la señal de color a la mitad. Un esquema de éste método se ilustra en la figura 6.4 c.

Y		Y		Y
R-Y,B-Y	Y	R-Y,B-Y	Y	R-Y,B-Y
Y		Y		Y
R-Y,B-Y	Y	R-Y,B-Y	Y	R-Y,B-Y
Y		Y		Y
R-Y,B-Y	Y	R-Y,B-Y	Y	R-Y,B-Y

6-4 a 4:2:2

Y				Y
R-Y,B-Y	Y	Y	Y	R-Y,B-Y
Y				Y
R-Y,B-Y	Y	Y	Y	R-Y,B-Y
Y				Y
R-Y,B-Y	Y	Y	Y	R-Y,B-Y

6-4 b 4:1:1

Y	Y	Y	Y	Y
R-Y,B-Y	R-Y,B-Y	R-Y,B-Y	R-Y,B-Y	R-Y,B-Y
Y	Y	Y	Y	Y
R-Y,B-Y	R-Y,B-Y	R-Y,B-Y	R-Y,B-Y	R-Y,B-Y
Y	Y	Y	Y	Y
R-Y,B-Y	R-Y,B-Y	R-Y,B-Y	R-Y,B-Y	R-Y,B-Y

6-4 c 4:2:0

Figura 6-4. a, b y c.- Métodos de muestreo para lograr un reducción de datos del 25 %.

Como se puede notar en las figuras anteriores, tanto en las muestras basadas en la norma, como en donde se aplica el método de reducción de datos, las muestras de luminancia y diferencias de color correspondientes a un solo punto, se deben tomar exactamente al mismo tiempo para que no haya problemas de retraso de crominancia con respecto a la luminancia o viceversa.

Como se ha venido diciendo, estos métodos de digitalización nos brindan una reducción en el flujo de datos de 25 % aproximadamente, lo que nos reduce el flujo de datos de video activo a alrededor de 120 Mbps, este valor sigue siendo muy grande en las condiciones actuales, por lo que se utilizan otros métodos además de éstos, que nos permiten reducir la cantidad de bits a niveles ya manejables en las distintas etapas de la televisión.

#### Reducción de datos basada en la DCT (Discrete Cosine Transform).

La Transformada Cosenoidal Discreta (de Fourier) es un método de síntesis de frecuencias discretas equivalente a la transformada de Fourier para señales periódicas continuas, con éste método de síntesis se obtienen los componentes de frecuencias discretas de la señal de video muestreada. Para simplificar la síntesis, se obtienen solo las componentes cosenoidales, siendo suficiente con éstas para mantener la calidad de la imagen.

Para disminuir la cantidad de bits que representan a las muestras de video con éste método, primero se divide el campo de la imagen (el cuadro en el caso de barrido progresivo) en bloques de 8 x 8

pixeles, como se ilustra en la figura 6.5. Esto se realiza para las tres señales por separado( Y, R-Y, B-Y). Al aplicar la DCT se obtienen las diferentes frecuencias discretas que contiene ese bloque. Partiendo del hecho de que con la DCT se obtienen tantos componentes discretos de frecuencia como muestras se analicen, solo se sintetizan 64 frecuencias para cada bloque de 8 x 8 pixeles, realizando el análisis tanto horizontal como verticalmente.

Una vez que se ha sintetizado una componente de frecuencia tanto horizontal como vertical, se obtiene un coeficiente que nos indica la amplitud de la misma, obteniéndose a continuación el de la frecuencia siguiente y así sucesivamente hasta llegar a la frecuencia número 64, la síntesis de frecuencias se realiza de la más baja a la más alta, ordenando sus coeficientes en el mismo bloque donde estaban colocados los pixeles originales. El orden seguido es colocar el coeficiente de frecuencia menor, que es el de frecuencia cero o componente de DC del bloque, en el extremo superior izquierdo del bloque de coeficientes, colocando el de la siguiente frecuencia a la derecha del mismo, el siguiente se coloca abajo a la izquierda, siendo colocados todos en forma de zigzag como se ilustra en la figura 6.6.

124	45	67	220	185	179	200	120
220	175	46	200	100	69	86	130
180	190	220	45	120	129	154	133
123	100	130	140	125	112	45	39
129	50	69	200	120	129	119	120
220	175	46	200	100	66	99	200
180	190	220	45	120	115	100	120
123	100	130	140	120	100	120	99

Figura 6-5.- Matriz de 8 x 8, con los pixeles de la imagen digitalizada.

190	98	-75	77	45	0	0	5
110	79	67	34	0	0	0	0
87	-45	56	0	5	0	0	0
34	67	0	12	0	0	0	5
-10	-10	10	-2	0	0	0	0
20	19	0	0	0	0	0	0
18	0	0	0	0	0	0	0
0	2	0	0	0	0	0	0

Figura 6-6.- Coeficientes de frecuencia obtenidos, al aplicarle la DCT a la matriz anterior.

Hasta este punto no existe ninguna reducción de bits debido a que los coeficientes tienen la misma longitud de palabra que los pixeles por indicar un valor de voltaje, sin embargo, se aprovecha el hecho de que la mayor cantidad de información de la imagen se encuentra en las frecuencias más bajas, de manera preponderante en el componente de DC, por lo que el coeficiente de más alto valor será este, disminuyendo el valor de los demás conforme se van alejando del mismo en el sentido de zigzag en que se acomodaron, un ejemplo de como varían es el ilustrado en la figura 5 anterior, donde vemos que el contenido de frecuencias se concentra en las más bajas, disminuyendo la amplitud o llegando a cero conforme se sintetizan las frecuencias más altas.

En una imagen de video típica, los coeficientes que representan las frecuencias espaciales bidimensionales más altas serán igual a cero o tendrán valores muy pequeños, como se ve en la

figura anterior. Esto puede aprovecharse para reducir los datos basándonos en el conocimiento sobre estadística de las señales y el mecanismo de la visión humana.

De estudios de la visión humana se aprovecha que el ojo es muy poco sensible a los cambios pequeños de nivel entre una frecuencia y otra, por lo que si algún coeficiente tiene un valor cercano a cero, si se coloca en cero, el cambio no será percibido. Otra característica del ojo que se aprovecha es que la sensibilidad al ruido disminuye conforme aumenta la frecuencia, por lo que si se multiplica cada coeficiente por un factor ponderado por la frecuencia que representa, se disminuye el valor total de dicho coeficiente, siendo el efecto en la imagen, el de agregarle ruido de alta frecuencia y de suavizar los bordes de las figuras.

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

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

En la práctica, con éstos dos métodos de codificación, se obtienen factores de compresión de entre 2 y 3, según el flujo total de bits deseado y la calidad de imagen necesaria, porque al aumentar el nivel de compresión ya se hace visible una disminución en la calidad.

A los métodos de compresión anteriores se les llama Intraframe porque la reducción de bits se realiza en cada campo o cuadro( Frame), independientemente de los otros, cosa que no sucede con el método de compresión interframe o MPEG, que se analizará después y toma en cuenta los cuadros anteriores y subsiguientes al que se comprime.

La compresión Intraframe es utilizada en las etapas de producción del programa de televisión, debido a que durante la edición es necesario que el cuadro donde se realiza ésta sea completamente conocido, en tanto que en la compresión interframe, un cuadro depende de los anteriores y posteriores.

La gran mayoría de fabricantes de equipo de captura de video digital, tanto profesional como industrial y doméstico, utilizan los métodos de compresión descritos anteriormente, aunque pueden variar los niveles, el orden, o no aplicar alguno de ellos.

### **Formatos de grabación de video para producción de programas de televisión.**

Podemos asegurar que la gran mayoría( por no decir que la totalidad) de los fabricantes de equipos para la producción de programas para televisión, utilizan todas o algunas de las técnicas de compresión descritas anteriormente, pero como el nivel de compresión y calidad de imagen logrado puede variar según la empresa, existen varios formatos que no siempre son compatibles entre sí, por

lo que resulta necesario hacer un análisis de los más populares para compararlos y concluir cuál puede ser el más adecuado para las necesidades de nuestra dependencia.

Cabe hacer la aclaración de que en la actualidad, la forma de almacenar la imagen y el audio sigue siendo la cinta magnética, aunque se están popularizando los sistemas de postproducción no lineal, basados en computadoras y almacenamiento en discos duros. Con esto, la videograbadora en cinta magnética solo se utiliza para captura, almacenamiento, y "subir" y "bajar" el video y audio a la estación de postproducción. Aun con la situación anterior, en la actualidad y en un futuro cercano, la utilización de la cinta será la opción más viable, por lo que el análisis se basará en los formatos de grabación en cinta magnética, tomando en cuenta que los mismos métodos de compresión de imagen se utilizan en las computadoras para grabar en los discos magnéticos.

Los formatos de grabación digital de video más populares son los siguientes:

**D1.-** Este fue el primer formato de grabación digital de video, surgido en el año de 1986, que utiliza el muestreo 4:2:2 según la norma ITU R.601, con longitud de palabra de 8 bits, con grabación de la señal en componentes y sin compresión, por lo que la señal de video digital paralela es a 27 Mbps. y la salida serie a 270 Mbps.

**D2.-** Este formato de grabación es el equivalente al D1 pero en video compuesto, surgió en 1988, con frecuencia de muestreo de  $4 \times F_{sc} = 14.31818$  MHz sin compresión, como no se popularizó por su alto costo y poca versatilidad, cayó en desuso rápidamente.

**D3.-** Este formato de grabación surgió en 1991, es igual al D1, pero utilizando cinta de 1/2 de pulgada de ancho, en lugar de la de 3/4 del formato D2, por las mismas razones que el anterior no se popularizó.

**D5.-** El formato D4 no existe porque en Japón se considera a este número de mala suerte, por lo que del D3 se brincó al D5, surgido en 1994, siendo éste formato parecido al D1, pero con la cinta de 1/2 de pulgada y con longitud de palabra de 10 bits.

Los formatos de grabación digital anteriores son demasiado costosos y no ofrecen muchas facilidades para la producción, por lo que solo se utilizan en productoras de televisión con grandes recursos económicos, la mayoría dejaron de fabricarse por las mismas razones, por lo que si bien pueden seguirse utilizando, ya están discontinuadas, debido a ello no nos detendremos en su análisis.

#### **Formatos digitales más populares en la producción de programas de televisión.**

**Betacam Digital.-** El fabricante de equipos Sony introdujo un formato digital basado en su popular formato Betacam analógico, el muestreo se realiza según la norma ITU R .601 a 4:2:2 y la grabación se hace en cassettes tipo Betacam analógico.

Este formato comprime la señal utilizando un método basado en la DCT, denominado MPEG-2 4:2:2P@ML ( MPEG-2 4:2:2 Profile At Main Level ), mismo que se analizará un poco más en el punto donde se analiza la compresión para transmisión. Con la compresión que se le hace a la señal de video se obtiene un flujo de bits de 50 Mbps. La calidad de imagen obtenida, aún con la compresión, es muy superior a la del formato Betacam analógico.

**Betacam SX.-** Éste formato digital de grabación se deriva del Betacam Digital, pero con una compresión de la señal de video bastante mayor, alcanzando flujos de bits de 18 Mbps, con la consecuente disminución de la calidad de imagen, que en éste caso ya es equivalente a la del formato Betacam SP analógico, es decir, todavía bastante buena.

El método de compresión se basa en la DCT, aplicada a un muestreo basado en la norma ITU R.601. El método se denomina MPEG2 4:2:2P@ML como el aplicado al Betacam Digital, con la diferencia de que la compresión basada en la DCT es mayor, además de que se aplica un método denominado compresión **Interframe**, consistente en comparar dos cuadros de video consecutivos (cuadros I), para eliminar la información que se repite, logrando con esto menores tasas de bits que con la sola codificación **Intraframe**, como la aplicada en el formato Betacam Digital.

**El formato DV.**- Los dos formatos anteriores resultan más económicos y aptos para la producción que los surgidos al principio, por lo que son más populares que aquellos, siendo muy utilizados en la actualidad, sin embargo, su popularidad está disminuyendo rápidamente por el surgimiento del formato DV, que es el resultado de la cooperación entre los principales fabricantes de equipo como Sony, Hitachi, Toshiba, Thomson, Matsushita, Mitsubishi, JVC, Sharp, Sanyo y Philips, que se unieron para diseñar un estándar común destinado al usuario industrial y doméstico, pero por la versatilidad, bajo costo y calidad de imagen lograda, se ha estado adoptando por las productoras profesionales, ocasionando que los mismos fabricantes produzcan versiones DV con una calidad comparable a los equipos explicados anteriormente.

El formato DV se basa en la Norma ITU R .601, con un sub-muestreo de 4:1:1 para NTSC y 4:2:0 para PAL, con esta disminución en la frecuencia de muestreo de la crominancia a la mitad, la resolución del color disminuye también a la mitad (1.68 MHz de ancho de banda), pero aún así la calidad se compara con el formato Betacam SP analógico y con el Betacam SX. Por lo que la calidad de la imagen sigue siendo superior a los formatos de transmisión analógica citados. Utilizan una compresión basada en la DCT, con codificación RLC y VLC, con la que se obtienen tasas de bits de 50 y 25 Mbps, siendo destinados a la producción de programas de televisión los formatos con tasas de bits de 50 Mbps y al mercado industrial los formatos con tasas de 25 Mbps. aunque el formato a 25 Mbps también se utiliza para broadcast por la gran calidad de imagen lograda.

El método de compresión es **Intraframe**, lo que significa que cada cuadro o campo se procesa independientemente del que le anteceda y le preceda (compresión **interframe**), con lo que este formato se puede utilizar para postproducción porque cada cuadro es conocido, cosa que también sucede en todos los formatos anteriores.

Los tres modelos de videograbadora que utilizan el formato DV son los siguientes:

**DVCAM.** Desarrollado por Sony y basado en el formato DV, utiliza muestreo 4:1:1, con una longitud de palabra de 8 bits, basada en la norma ITU R.601. La compresión se basa en la DCT y la codificación RLC y VLC **Intraframe**, por lo que se puede utilizar en postproducción sin problemas. El flujo binario es de 25 Mbps.

**DVCPRO.**- Este modelo desarrollado por Panasonic ( Matsushita ) también se basa en la norma ITU R.601, con muestreo a 4:1:1, compresión basada en la DCT, RLC y VLC, con tasas de bits de 25 Mbps y codificación **Intraframe**, con lo que resulta la misma calidad que el DVCAM.

**DVCPRO 50.**- Este formato es una variante del DVCPRO, con muestreo a 4:2:2, con un nivel de compresión menor, lo que da un flujo de 50 Mbps y una calidad superior a los anteriores formatos DV, destinado a mejorar la calidad en la producción de programas para Broadcast.

**Digital S.**- Este formato se basa en el DV, pero con cinta de 1/2 pulgada de ancho, por lo que más bien se compara con el Betacam digital. El muestreo es a 4:2:2, con compresión **intraframe** basada en la DCT. La tasa de bits resultante es de 50 Mbps.

Como podemos observar, existen 2 tasas principales de bits para los formatos basados en DV, de 25 y 50 Mbps, el formato a 25 Mbps se destinó al mercado industrial y doméstico, pero por su calidad comparable al Betacam SP analógico, se utiliza mucho en la producción Broadcast. El formato a 50 Mbps, es muy superior al Betacam SP, equivalente al Betacam Digital, pero a menor precio, por lo que se prefiere éste en producciones de gran calidad de imagen, todos éstos formatos utilizan la compresión Intraframe, por lo que pueden utilizarse en postproducción sin problemas.

#### **Interfases de entrada y salida de video digital en equipos de producción.**

Como ya hemos visto, existen varios formatos de digitalización y procesamiento para un solo estándar de señal de video, debido a esto, a la entrada y salida de los equipos puede haber diferencias entre uno y otro, tanto en la forma física del conector y cable, como en la forma en que esté organizado el flujo de bits y la velocidad de éste. Por tal motivo es recomendable conocer las principales interfaces que se pueden encontrar en los equipos utilizados en la etapa de producción del programa de televisión, para saber si son compatibles o no.

**SMPT E 125M o ITU BT656.-** Esta Interfase es definida para el video digital basado en la norma ITU R.601. Se le llama comúnmente Interfase paralela, el conector físico es del tipo DB25 de 25 pines, con tecnología ECL e impedancia de salida y entrada de 110  $\Omega$ , el cable debe terminar en 110  $\Omega$  para lograr un buen acoplamiento de los equipos.

Por esta Interfase sale el video digital en paralelo, con 8 o 10 bits de longitud de palabra. La señal Y muestreada a 13.5 MHz, en tanto que las señales R-Y y B-Y se multiplexan para tener también un muestreo a 13.5 MHz, multiplexándose éstas dos últimas para dar una frecuencia definitiva de 27 MHz para la señal de video SDTV (Standard Digital Television). Cambiando la frecuencia para los demás estándares, como SHDTV, SDTV9:16, etc.

**SMPT E 259M o ITU- BT.656.-** También llamada SDI (Serial Digital Interfase ). Es el equivalente serie de la Interfase anterior, en ésta el flujo paralelo a 27 MHz se convierte a un flujo serie a  $27 \times 10 = 270$  MHz, para la SDTV, el conector es tipo BNC con impedancia de entrada y salida de 75  $\Omega$  no balanceada.

**IEEE 1394 o FIRE WIRE.-** Esta Interfase fue desarrollada originalmente por APPLE COMPUTER para la conexión entre diversos dispositivos que manejan video y una computadora, por lo que además de transportar la señal de video digital, lleva también la señal de audio y señales de control, con lo que se pueden comandar uno o varios dispositivos desde otro sin necesidad de cables extras, por ejemplo en el caso de una sala de edición.

Debido a la versatilidad de esta conexión, fue adoptada por otros fabricantes de aparatos de video domésticos e industriales, como videocámaras, DVD's, Set-top Boxes, televisores, etc. Lo interesante para nosotros es que varios fabricantes de equipos con formato DV lo están adoptando como una de las posibilidades de entrada y salida de video y audio digitales para evitar la degradación de la imagen durante la conversión A/D y D/A, al conectarse en sistemas de producción híbridos.

Es una conexión serie bidireccional, lo que implica la existencia de comunicación entre los equipos conectados, también es PLUG AND PLAY, posibilitando la conexión y desconexión de los equipos estando en funcionamiento, aunque se debe apagar el aparato que se desconecta, porque pueden existir líneas de potencia que alimenten al dispositivo en cuestión.

Las tasas de transferencia de bits en serie pueden ser de 98.304, 196.608 y 393.216 Mbps, estando en proceso de estandarización las de 786.432, 1572.864 y 3145.728 Mbps, la velocidad de transferencia depende del equipo, por lo que se debe de tomar esto en cuenta al conectarlos, para

que sean compatibles entre sí. El conector puede ser de 4 o 6 pines, dependiendo de si existen o no los dos hilos que transportan potencia.

Las Interfases anteriores son las más comunes, por lo que es probable que nos encontremos con ellas al trabajar con los equipos digitales, aunque pueden existir variantes de ellas en cuanto a la velocidad, tipo de señales digitales transportadas, etc. Si nos encontramos en el caso anterior, el fabricante debe indicar en el manual de usuario si su equipo es compatible y puede ser conectado a esta Interfase estándar, o solo a la variante utilizada en su equipo.

### **6.2.1 Compresión de video y audio para transmisión.**

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

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

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

En el caso de la transmisión de televisión digital, aún no existe un estándar aceptado oficialmente en México, sin embargo, los estándares propuestos, principalmente el ATSC (para Estados Unidos) y DVB (para Europa), se basan en la norma de compresión de video y audio denominada MPEG-2.

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

La norma MPEG-2 se basa en sus primeras etapas en las técnicas de compresión descritas anteriormente, como son el muestreo reducido basado en la norma ITU R.601( formato 4:2:0 ), aplicándose también la DCT, la codificación por RLC y VLC explicadas anteriormente. Todo lo anterior se realiza en un cuadro o campo, independientemente de los anteriores y posteriores, por lo que a éste método se le llama Intraframe( dentro del cuadro ).

Además de las anteriores técnicas, a la codificación MPEG-2 se le agregan las técnicas de compresión Interframe y la estimación y compensación de movimiento, con estas técnicas se elimina la información redundante entre dos campos o cuadros, tomando en cuenta que generalmente dos imágenes consecutivas tienen mucha similitud, con lo que se envía la información de la primera imagen( imagen I), y la información referente a la diferencia existente entre ésta y la imagen que le sigue, por su parte, la estimación y compensación de movimiento consiste en enviar solo la información de cuanto se movió algún objeto dentro de un grupo de imágenes, en lugar de

enviar todos los bits referentes a éste objeto en todas las imágenes. Para realizar éstas técnicas de codificación interframe, se agrupan varias imágenes en los llamados GOP's ( Group Of Pictures ), en el caso de, MPEG-2 para transmisión se forman GOP's de 12 imágenes, de las cuales la primera y la última se denominan imágenes I ( Intraframe ), aplicándose en ellas las técnicas de compresión explicadas en los formatos DV.

Después de las imágenes I tenemos las imágenes P ( previstas o estimadas ), este tipo de imágenes no contienen información real como las tipo I, sino que se forman a partir de las I prediciendo su contenido en base a la estimación con compensación de movimiento, entre imágenes I y P se ubican imágenes B( Bidireccionales ), las cuales se codifican por interpolación entre la imagen anterior y posterior a ella, pudiendo ser estas I, P o B inclusive.

Un ejemplo de como se ordenan los GOP's para realizar en ellos la compresión Interframe se observa en la figura 6.7. En la que el GOP consta de 12 imágenes, pudiendo ser de más o menos, según la calidad deseada del video y el flujo de bits que puede soportar el canal.

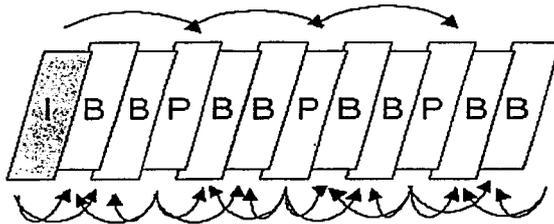


Figura 6-7- Como se integra un GOP con 12 imágenes: I, B y P.

Con las técnicas anteriores se logran flujos binarios de entre 2 y 6 Mbps para el video, con un máximo de 15 Mbps, la razón de que no sea constante el flujo se debe a la mucha o poca diferencia entre las imágenes, al tren binario de video se le agrega el correspondiente al audio comprimido, cuyo proceso logra reducir el flujo a entre 32 y 384 Kbps, agregándose además los datos auxiliares para que el decodificador pueda obtener el video y audio original.

### Perfiles y niveles del formato de compresión MPEG-2

El formato de compresión MPEG-2 se compone de una serie de herramientas, tal como vimos en el punto anterior, pero no necesariamente se utilizan todas, ni con el mismo resultado en cuanto a calidad de imagen obtenida. Esto porque la calidad del video depende del uso que se le vaya a dar y de la capacidad del medio de almacenamiento o del canal de transmisión.

Los condicionantes anteriores han definido 6 diferentes Perfiles(Profile) o herramientas que se utilizan en el proceso de compresión, además de 4 niveles(Level ). El nivel depende del formato o calidad de la señal de video a la que se le aplica la compresión, por ejemplo calidad VHS o DVD, NTSC Broadcast, HDTV etc., lo que requiere diferentes flujos de bits para mantener la calidad necesaria. Obviamente, el flujo de bits es mayor para una señal HDTV( Nivel alto, 80 Mbps ), que para una señal VHS o DVD( Nivel bajo, 4 Mbps ).

En el caso de la transmisión Broadcast de video digital tipo NTSC, el nivel requerido es el denominado MAIN, y el perfil el MAIN 4:2:0 I,B,P. Lo que nos da la definición de MPEG-2 MP@ML. Otras combinaciones utilizadas son la MPEG-2 422P@ML, explicada anteriormente y utilizada en la etapa de producción del programa por la calidad obtenida en el video, en tanto que para la distribución doméstica en baja calidad tenemos la MPEG-2MP@LL y para transmisión de alta definición la MPEG-2 MP@HL.

En la siguiente tabla tenemos las 24 posibles combinaciones que nos dan los 6 perfiles y 4 niveles de compresión MPEG-2, los cuadros vacíos nos indican que esa combinación no está definida aún, pero puede estarlo en un tiempo futuro si las necesidades lo requieren.

### Perfiles y niveles del formato de compresión MPEG-2

PROFILE LEVEL	SIMPLE 4 : 2 : 0 I,B,P	MAIN 4 : 2 : 0 I,B,P	4 2 2 P 4 : 2 : 2 I,B,P	S N R 4 : 2 : 0 I,B,P	SPATIAL 4 : 2 : 0 I,B,P	HIGH 4:2:0 4:2:2 I,B,P
HIGH		1920 x 1152 80 Mbps				1920 x 1152 100 Mbps
HIGH - 1440		1440 x 1152 60 Mbps			1440 x 1152 60 Mbps	1440 x 1152 80 Mbps
MAIN	720 x 570 15 Mbps	720 x 576 15 Mbps	720 x 608 50 Mbps	720 x 576 15 Mbps		720 x 576 20 Mbps
LOW		352 x 288 4 Mbps		352 x 288 4 Mbps		

Tabla 6.1 Perfiles y niveles del formato de compresión MPEG-2

#### 6.2.2 Codificación del Canal.

En la actualidad los dos estándares mas importantes en el mundo para la Transmisión Digital de Television (DTV), son el estándar Americano ATSC y el estándar Europeo DVB, siendo ambos sistemas distintos por la forma en que se le da el tratamiento a la señal digital y el tipo de modulación empleado por cada uno de los estándares. A continuación haremos una breve descripción del funcionamiento de cada uno de los dos sistemas.

Una vez realizadas las operaciones de codificación de la fuente, tenemos un tren de transporte constituido por paquetes de 188 bytes que hay que transmitir vía radiofrecuencia (satélite, cable ó emisión terrestre) hacia los usuarios.

Estos canales de transmisión desgraciadamente no están exentos de errores, debido a toda clase de perturbaciones que se añaden a la señal útil (ruido, interferencias, ecos, etc.).

Ahora bien, una señal digital, especialmente cuando se le ha quitado cualquier tipo de redundancia durante el proceso de compresión, requiere una tasa de errores (BER, Bit Error Rate) extremadamente pequeña para obtener un rendimiento satisfactorio (BER de  $10^{-10}$  a  $10^{-12}$ , es decir, del orden de un error por hora para un flujo útil de 30 Mbit/s).

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

Ahora bien, como mencionamos en párrafos anteriores, existen dos sistemas, y la etapa de codificación del canal se encuentra en cada uno de los dos sistemas, como veremos a continuación; generalmente se presenta la codificación del canal, como un bloque que está contenido dentro del tipo de modulación empleado, por ello, casi siempre se establece la diferencia entre cada sistema, de acuerdo al tipo de modulación empleado, pero en realidad el proceso de codificación del canal está contenido en dicha modulación.

### 6.3 Modulación para la transmisión de televisión digital terrestre

#### 6.3.1 Modulación 8-VSB.

El sistema de modulación VSB (vestigial sideband) ofrece dos modos: un modo de transmisión terrestre y un modo de alta velocidad de datos. El modo de transmisión terrestre provee máxima cobertura, soportando una señal HDTV o múltiples señales SDTV en un canal de 6 MHz. Los dos modos emplean la misma señal piloto, velocidad de símbolo (symbol rate), estructura de trama de datos (data frame structure, entrelazado (interleaving), codificado Reed-Solomon (Reed-Solomon coding), y pulsos de sincronización. Nosotros nos enfocaremos a la transmisión terrestre.

La figura 6-10 ilustra un diagrama de bloques simplificado del proceso de modulación 8-VSB.

#### Sincronización de Datos (Data Synchronization)

La primera cosa que hace el excitador 8-VSB sobre la recepción de los paquetes de datos del bitstream MPEG-2 es sincronizar sus propios circuitos internos con la señal entrante. Antes de que cualquier proceso de la señal pueda ocurrir, el excitador 8-VSB debe identificar correctamente el comienzo y los puntos finales de cada paquete de datos MPEG 2. Esto se logra usando el byte de sincronía (sync byte) del paquete MPEG-2. Los paquetes MPEG-2 tienen 188 bytes de longitud, cada paquete tiene al comienzo los bytes de sincronía, los cuales serán desechados luego y se sustituirán por el segmento de sincronía (segment sync) ATSC en una etapa posterior del proceso.

#### Aleatorizador de Datos (Data Randomizer)

En general, la señal 8-VSB debe tener una aleatorización. Esto es para obtener un espectro plano que maximiza la eficiencia del ancho de banda del canal y reduce posibles interferencias con otros canales DTV y NTSC. Para cumplir esto, el aleatorizador de datos (data randomizer) usa un generador de números pseudo aleatorio para desordenar el bitstream. El receptor realiza el proceso inverso para recobrar los datos originales.

#### Codificado de Reed-Solomon (Reed-Solomon Encoding)

El codificador Reed-Solomon (RS) provee una protección de errores (FEC) para el stream de datos. El codificador RS toma los 187 bytes de una entrada de paquetes MPEG-2 (recordando que el

paquete de sincronía, sync byte, ha sido quitado) calcula 20 bytes de paridad (conocidos como bytes de paridad Reed-Solomon), y los adiciona al final del paquete.

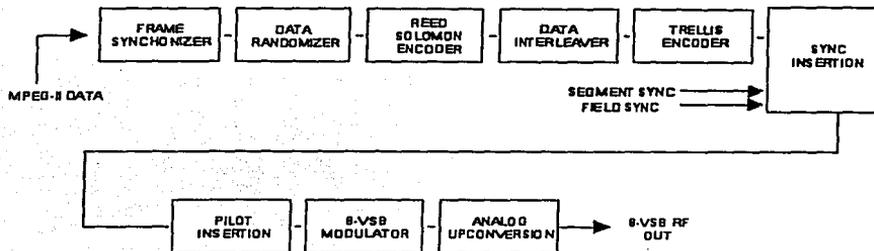


Figura 6-10. Diagrama de Bloques simplificado de un Modulador 8-VSB.

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

La codificación Reed-Solomon es un esquema de corrección de errores (FEC) aplicado a la secuencia de datos entrante. La corrección predictiva es un término general usado para describir una variedad de técnicas que se pueden utilizar para corregir los errores que ocurren durante la transmisión. El ruido atmosférico, la propagación multitrayectoria, desvanecimiento de señal y las alinealidades del transmisor pueden crear errores en los bits. La corrección Forward puede detectar y corregir estos errores, hasta un límite razonable.

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

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

### Entrelazado de Datos (Data Interleaver)

El entrelazado de datos altera el orden de la secuencia del stream de datos y dispersa los paquetes de datos MPEG 2 a través del tiempo (arriba de un rango de 4.5 msegundos a través del uso de buffers de memoria) para reducir al mínimo la sensibilidad de las señales transmitidas al ruido.

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

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

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

### **Trellis Encoder**

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

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

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

### **Inserción de Sincronía y Piloto (Sync and Pilot Insertion)**

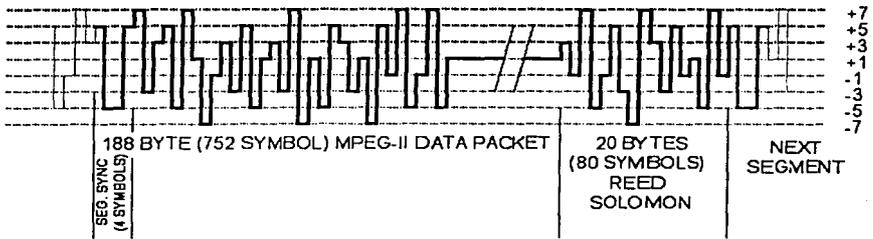
El siguiente paso es la Inserción de varias señales de "ayuda" (Piloto ATSC [ATSC pilot], Segmento de Sincronía [segment sync], y Campo de sincronía [Field Sync]) que ayudan al receptor 8-VSB a localizar y demodular la señal transmitida. Estas señales son insertadas después de la aleatorización (randomization) y el proceso de codificado, todo esto debe realizarse con un orden para que las señales no sean destruidas y sea efectivo el proceso.

La primera señal de "ayuda" es la piloto ATSC. Justo antes de la modulación, un pequeño offset es adicionado a la señal de banda base 8-VSB. Esto causa una pequeña portadora residual para hacer aparecer en cero la frecuencia del espectro modulado. Esta es la piloto ATSC.

Otra señal de "ayuda" es el segmento de sincronía ATSC (segment sync). Un segmento de datos esta compuesto de 207 bytes de un paquete de datos entrelazado. Después del Trellis Coding, el segmento de 207 byte ha sido convertido en un stream de banda base de 828 símbolos 8-niveles. El segment sync es un símbolo (four-symbol) que es adicionado en el frente de cada segmento de datos para reemplazar el byte sync perdido del paquete de datos original MPEG 2. Así, el segment sync

aparece una vez cada 832 símbolos. El receptor 8-VSB puede detectar el repetitivo segment sync ATSC, recobrándolo, y usándolo para ayudar a regenerar el reloj (Clock) de la muestra.

La ultima señal de "ayuda" es el campo de sincronía ATSC (Field sync). 313 segmentos de datos consecutivos conforman un campo de datos. El Field sync ATSC es un segmento de datos que es adicionado a el comienzo de cada campo de datos. Se tiene un patrón de símbolos conocido y este patrón es usado por el receptor 8-VSB para eliminar la señal fantasma causada por reflexiones. Esto puede ser hecho comparando el campo de sincronía (Field sync) ATSC recibido contra la secuencia conocida del campo de sincronía (Field sync). La diferencia obtenida es usada para ajustar los ecualizadores de los receptores.



NOTE: 4 SYMBOLS PER BYTE

Figura 6-11.Segmento de Datos en Banda Base ATSC.

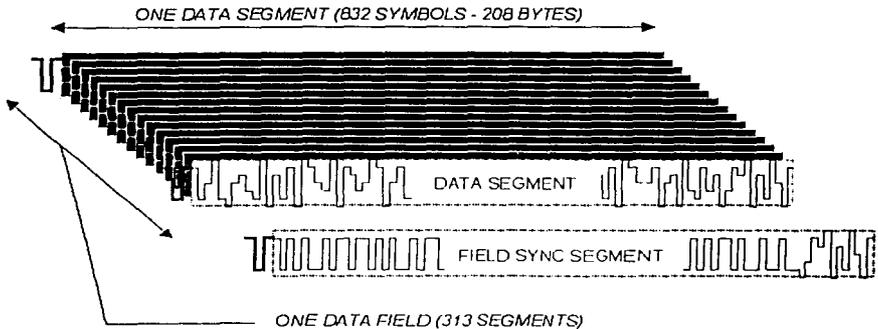


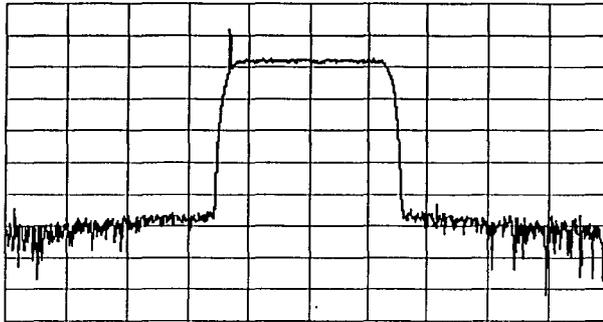
Figura 6-12.Campo de Datos en Banda Base ATSC.

### Modulation AM (AM Modulation)

La señal banda base ocho niveles es entonces modulada sobre una portadora de frecuencia intermedia (IF). Esto crea un largo, espectro de doble banda cerca de la portadora de frecuencia que es también un ancho de banda extenso para ser transmitido en un canal de 6 MHz. Un filtro Nyquist VSB recorta el ancho de banda para adecuar la señal dentro del canal, para ello el filtro quita la información redundante.

La figura 6.13 muestra la respuesta en frecuencia resultante después del Filtro Nyquist VSB.

En la figura se observa, la presencia de la piloto ATSC en la orilla mas baja del canal. La banda lateral mas baja (debajo de la frecuencia piloto) se quita casi totalmente. Esta eliminación virtual de la banda lateral inferior o mas baja, junto con el filtrado de la banda



SPAN: 20 MHz

VERT SCALE: 10 dB / div

Figura 6-13 Espectro en frecuencia de la señal RF 8-VSB.

lateral superior o mas alta, crea cambios muy significativos en la forma de onda de RF que es finalmente transmitida.

Como resultado de la adición en el stream de datos (data stream) del código de protección de errores (Forward error correction) y la Inserción de sincronía, la velocidad de datos ha ido de 19.39 Mbps a 32.28 Mbps en la salida del codificador Trellis (Trellis encoder). Ya que tres bits son transmitidos en cada símbolo, la velocidad de símbolo resultante es 10.76 millones de símbolos por segundo. Este puede ser transmitido con una frecuencia mínima de ancho de banda de 5.38 MHz, que entran muy bien en el ancho de banda de 6 MHz del canal.

Después del filtro Nyquist VSB, la frecuencia intermedia de la señal 8-VSB (IF), es tratada por circuitos tradicionales (oscilador-mezclador-filtro) para la asignación de frecuencia en la banda de UIIF O VIIF. La señal de RF obtenida por el excitador 8 VSB a su salida es inyectada al transmisor DTV. El transmisor es esencialmente un amplificador de potencia convencional de RF, de estado sólido o tipo tubo. Se tiene luego un sistema de filtros a la salida de la etapa de potencia de RF en el transmisor, para filtrar algunas señales espúreas causadas por la no linealidad del transmisor.

El ultimo paso en la cadena del sistema de transmisión es la antena que radia la señal DTV.

En el receptor casero, la señal sobre el aire es recibida, demodulada y filtrada. Los segmentos y campos de sincronía son recibidos y se aplica el proceso inverso del tratamiento que se le dio a la señal.

El resultado final es la recuperación de los paquetes originales de datos MPEG-2 . Los circuitos que decodifican los paquetes MPEG-2 reconstruyen la señal de video para la exhibición en la pantalla de TV. Los circuitos Dolby AC-3 decodifican la información de sonido y la conducen a los altavoces del receptor. El espectador casero "recibe su DTV" y la cadena de la señal es completada.

## DIAGRAMA DE OJO 8-VSB.

Una representación popular de la señal 8-VSB es el diagrama de ojo 8 VSB. El diagrama de ojo muestra la amplitud de la señal de RF recibida en el instante de la muestra. Cada señal de RF puede alcanzar uno de ocho posibles niveles cuando ocurre un tiempo de muestra (sampling time), la convergencia de algunas señales trazan siete formas de ojos que coinciden con la ocurrencia de los pulsos de reloj en el receptor. Esto es mostrado en la figura 6.14.

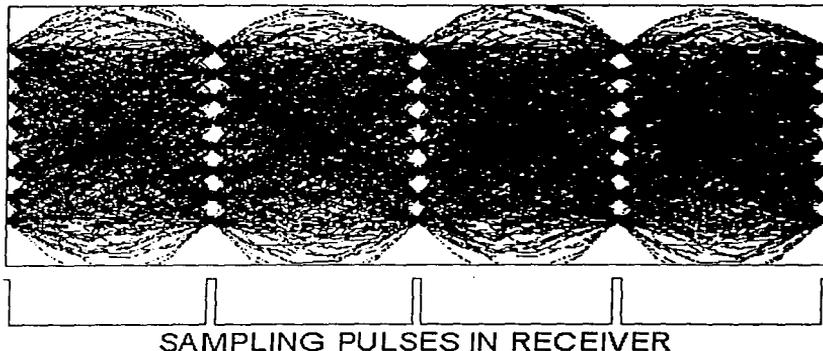


Figura 6-14 El diagrama de ojo 8 VSB (Sampling Pulses en el receptor).

Para cada tiempo de muestra (sampling time), el demodulador de RF asume uno de ocho posibles niveles. El resultado es la creación de 8 "ojos" verticales. Si la señal 8 VSB es corrompida durante la transmisión, estos ojos se cerraran y desaparecerán debido a que la señal de RF ya no tiene la amplitud correcta en ese instante.

## CONSTELACION DE LA SEÑAL 8 VSB.

Otra representación popular de la señal 8 VSB que es común para alguna pruebas a equipos, es la constelación de la señal 8 VSB. Esta es una representación gráfica en dos dimensiones de la amplitud de la portadora de RF 8 VSB y la fase de cada tiempo de muestra (sampling time).

En 8 VSB, la información digital es transmitida exclusivamente en la amplitud de la envolvente de RF y no en la fase. Esto no es desconocido en otros formatos de modulación digital, tal como QAM, donde cada punto en la constelación de señal es un cierto vector combinando la amplitud y la fase de la portadora. Un arreglo como QAM no es posible en 8VSB ya que la fase de la portadora ya no es una variable independiente bajo nuestro control.

La constelación de la señal 8 VSB, comparada contra 64-QAM es mostrada en la figura 6-15. Nuestros 8 niveles son recuperados por muestra en fase (Canal I) en el detector síncrono. Nada se ganaría muestreando un detector de canal de cuadratura (Q) puesto que no contiene ninguna información útil en este canal. Nuestro diagrama de constelación de la señal es por lo tanto una serie de 8 líneas verticales que corresponden a nuestros ocho niveles transmitidos. Eliminando cualquier dependencia sobre el canal Q, el receptor 8-VSB necesita solamente procesar el canal I, por eso se reduce a la mitad el número de los circuitos DSP requeridos en ciertas etapas. El resultado es mayor simplicidad, y menor costo en el diseño del receptor.

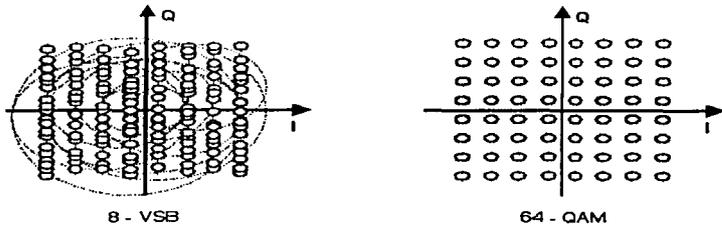


Figura 6-15 Constelación de la señal 8-VSB vs 64-QAM.

La constelación de la señal 8 VSB son una serie de líneas verticales sobre el eje I (en fase). El eje Q (cuadratura) no es usado porque no contiene información. Cuando la señal RF 8-VSB tiene errores las ocho líneas verticales se vuelven borrosas y los errores son recibidos. La luz gris circular adicionada a la constelación 8 VSB muestra la amplitud relativa de la portadora RF y la fase en un estado de constante cambio; en el receptor se muestra como un estroboscopio que "atrapa" la señal y la pasa a uno de los ocho niveles de amplitud.

En el caso del estándar europeo DVB, la modulación empleada es la modulación COFDM, la cual se explica a continuación.

**ATSC (Advantage Television System Committee).**

**8VSB (Terrestre) para ATSC Digital Television Standard**

Este estándar fue adoptado por Advanced Television Systems Committee ATSC para la transmisión de televisión digital y utiliza modulación 8 VSB o 16 VSB

**Principales parámetros de 8/16 VSB**

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

**6.3.2 MODULACION COFDM.**

El sistema COFDM (Multiplexado por División de Frecuencia de Código Ortogonal) es el sistema utilizado, como ya se dijo anteriormente, por el estándar Europeo DVB.

Multiplexado por División de Frecuencia ("FDM", en COFDM), quiere decir que los datos están distribuidos sobre muchas portadoras (a diferencia del estándar Americano que usa una sola portadora). Como resultado, la velocidad de datos transmitidos sobre cada portadora COFDM es mucho menor que la velocidad de datos requerida en una señal portadora de alta velocidad. Todas las portadoras COFDM son ortogonales (la "O" en COFDM) o mutuamente perpendiculares. El código (la "C" en COFDM) significa la característica de corrección de errores (Forward error correction).

Los métodos de modulación standard, tales como QPSK, 16-QAM o 64-QAM, son usados para modular las portadoras COFDM.

Dos modos de operación son definidos:

Un modo 2K esta disponible para la operación de un solo transmisor y para pequeñas redes SFN (Single Frequency Network, Red de Frecuencia) con transmisores con distancias limitadas.

Un modo 8K puede ser usado por un solo transmisor y pequeñas o largas redes SFN.

El sistema también permite diferentes niveles de modulación QAM.

La figura 6.16 ilustra un diagrama de bloques simplificado del proceso COFDM.

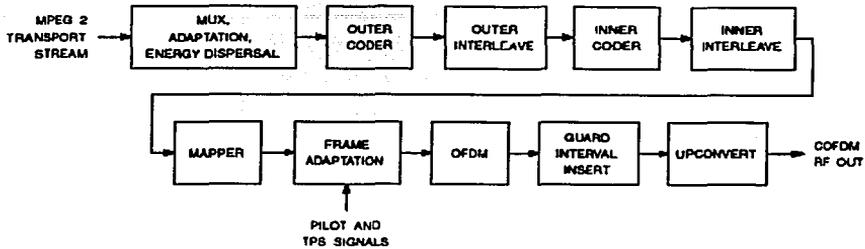


Figura 6-16 Diagrama de Bloques Simplificado de un Modulador COFDM.

El modo 2K genera 2048 portadoras, resultando en 1705 portadoras activas restando las portadoras que podrían ser la causa de interferencias en los canales adyacentes. El modo 8K genera 8192 portadoras, con 6817 portadoras activas. Los símbolos de datos sobre cada portadora son acomodados para ocurrir simultáneamente. El número de bits transportados por cada modulación de símbolo depende de la elección de la modulación: por ejemplo, 2 bits por símbolo para QPSK, 4 bits por símbolo para 16-QAM, etc.

Las portadoras tienen algo en común, el espacio preciso de frecuencia para asegurar la ortogonalidad.

Otra característica es el intervalo de guarda para reducir la interferencia inter-symbol e inter-carrier. Naturalmente, usando un intervalo de guarda se reduce la capacidad de datos levemente.

El proceso de modular o demodular miles de portadoras es equivalente a las operaciones de la Transformada Discreta de Fourier, para la cual existe un algoritmo más eficiente, la Transformada Rápida de Fourier (FFT). A continuación damos una explicación de cada uno de los bloques de la figura.

#### Adaptación (Adaptation)

Inicialmente, el sistema COFDM debe sincronizar la entrada de los paquetes transportados por el bitstream MPEG 2. Después cualquier proceso puede hacerse, se debe identificar correctamente los puntos del principio y el final de cada paquete MPEG 2, usando los bits de sincronía (byte sync).

#### Dispersión de Energía (Energy Dispersal)

En general, la señal COFDM debe tener una aleatorización. Esto resulta en un espectro plano que maximiza el ancho de banda del canal y reduce posibles interferencias con otros canales DTV y NTSC/PAL.

Para lograr esto, el data randomizer usa un generador de número pseudo-random para "desordenar" el bitstream. En el receptor se hace el proceso inverso para recobrar los datos originales.

### **Codificado Externo (Outer Encoder)**

Como el estándar ATSC, DVB usa el codificado Reed-Solomon para proveer de un código de corrección de errores (Forward Error Correction, FEC) al stream de datos. El codificador RS toma los 188 bytes de una entrada de paquetes MPEG 2, calcula 16 bytes de paridad (Conocido como Bytes de Paridad Reed-Solomon) y adiciona estos al final del paquete. Esto resulta en un paquete protegido de errores, cuya longitud es 204 bytes.

El Receptor compara los 188 bytes recibidos con los 16 bytes de paridad en orden para determinar la validación de los datos recuperados. Si errores son detectados, el receptor puede usar los bytes de paridad para localizar y corregir los errores.

### **Entrelazado Externo (Outer Interleaver)**

Un entrelazado convolucional con una profundidad de 12 es entonces aplicado a el paquete protegido de errores. El entrelazado de los bytes de datos están entonces delimitados por los bytes de sincronía sync bytes MPEG-2. La periodicidad de los 204 bytes esta preservada.

### **Codificado Interno (Inner Encoder)**

Esta parte del proceso de codificado puede operar con algunas relaciones:  $1/2$ ,  $2/3$ ,  $3/4$ , o  $7/8$ .

### **Entrelazado Interno (Inner Interleaver)**

El entrelazado interno "desordena" el orden de la secuencia del stream de datos para minimizar la sensibilidad a la interferencia burst-type. El bit stream es demultiplexado en n sub-streams, donde  $n=2$  para QPSK,  $n=4$  para 16-QAM, y  $n=6$  para 64-QAM. Cada sub-stream es procesado por un entrelazado de bit separado, en un bloque de 126 bits. El bloque de entrelazado es repetido 12 veces por símbolo OFDM en el modo 2K y 48 veces por símbolo en el modo 8K.

### **Mapeado (Mapper)**

Todas las portadoras de datos en una trama pueden ser QPSK, 16-QAM, 64-QAM, no uniforme 16-QAM, o no uniforme 64-QAM usando un mapeado Gray.

La señal transmitida es entonces organizada dentro de tramas (frames), con cada Frame compuesto de 68 símbolos OFDM. Cuatro tramas (frames) constituyen una super-trama (super-frame). Ya que la señal OFDM usa varias portadoras moduladas separadamente, cada símbolo puede ser dividido en celdas.

### **Adaptación de Trama (Adaptation Frame)**

Adicionalmente a el audio, video y datos auxiliares, una trama (Frame) OFDM contiene:

Celdas piloto esparcidas

Portadoras piloto continuas

Portadoras TPS

Las pilotos son usadas para sincronización de trama (Frame), sincronización de frecuencia, sincronización de tiempo, estimación de canal, identificación de modo de transmisión y para seguir el ruido de fase. Varias celdas dentro de una trama (Frame) OFDM son también moduladas con datos de referencia cuyo valor es conocido por el receptor. Las celdas que contienen esta referencia de datos son transmitidas incrementando el nivel de potencia.

Las portadoras TPS (Transmission Parameter Signalling) son usadas para transportar información relacionada al esquema de transmisión, tal como el codificado del canal y modulación. El TPS es transmitido por mas de 68 portadoras para el modo 8K. Las portadoras TPS transportan información sobre:

- Modulación incluyendo el valor del patrón de la constelación QAM.
- Jerarquía de Información.
- Intervalo de Guarda.
- Indices de Código Internos.
- Modo de Transmisión.
- Numero de Tramas (Frames) en una super-trama (super-frame).

**6.4 Estándares de la televisión digital.**

En el mundo de la televisión analógica, la cámara captura las imágenes por componentes R, G, y B. Esta señal es tomada por diversos procesos para ser convertida en CCVS (Composite Couolor Video Signal) de acuerdo con los estándares PAL, SECAM o NTSC. La señal de IF es modulada y el transmisor la convierte en RF para poder ser radiada por la antena, un programa por canal.

En la televisión digital, la cámara que es el dispositivo para la adquisición de imágenes debe funcionar bajo el estándar ITU R.601/656 de tal forma que entregue la imagen en su equivalente digital YCBCR. De la misma forma los dispositivos que funcionen como interfaces para la digitalización deben de cumplir con las siguientes características:

Estándar	ITU Rec 601 / 656 (4:2:2) SMPTE 125M / 259 M
Sistemas	625 líneas / 50 Hz 525 líneas / 59.94 Hz
Resolución	10 (8) bits
Sincronía words TRS (Timing reference signal)	FF.C, 00.0, XY.0 (en donde X, Y definen la ubicación de la línea actual).
Interfase Paralela Nivel Conector	27 Msamples/s ECL 25-pin SUB-D (ISO 2110-1980)
Interfase Serie Digital Nivel Impedancia Conector Código	270 Mbit/s a D1-formato Vpp = 800 mV ± 10 % @ 75 Ω 75 Ω BNC $G(x) = (x^9 + x^4 + 1)(x + 1)$

**MPEG-2 Data Coding to ISO/IEC 13818-2**

Los equipos de televisión que funcionan como interfaces son los que abren la puerta de la televisión digital, de este modo el primer bloque que encontramos es el de comprensión MPEG-2. El propósito de dicha comprensión es el de reducir de 270 Mbit/s que son proporcionados por la Interfase (ITU R.601) entre 2 Mbit/s y 6 Mbit/s, con ninguna perdida de calidad en la imagen.

Para la comprensión del video los principales parámetros son:

**DCT (Transformada Coseno Discreta)**

$$G(f_x, f_y) = 0.25(f_x)C(f_y) \sum_{x=0}^7 \sum_{y=0}^7 (x, y) \cos((2x+1)f_x \Pi/16) \cos((2y+1)f_y \Pi/16)$$

1 2 para  $f = 0$

$f_x, f_y =$  coordenadas de la frecuencia

$C(f) = y$

$G(f_x, f_y) =$  DCT coeficiente

1 para  $f > 0$

$x, y =$  pixel/coordenadas de la frecuencia

$g(x, y) =$  valores de pixel

**Cuantización**

Tablas de estándares de cuantización para código de interframe. (I Cuadro)

	8	16	19	22	26	27	29	34
	16	16	22	24	27	29	34	37
	19	22	26	27	29	34	34	38
$Q_i(x, y) =$	22	22	26	27	29	34	37	40
	22	26	27	29	32	35	40	48
	26	27	29	32	35	40	48	58
	26	27	29	34	38	46	56	69
	27	29	35	38	45	56	59	83

**Predicción anticipada y bidireccional (cuadros P y B)**

	16	16	16	16	16	16	16	16
	16	16	16	16	16	16	16	16
	16	16	16	16	16	16	16	16
$Q_c(x, y) =$	16	16	16	16	16	16	16	16
	16	16	16	16	16	16	16	16
	16	16	16	16	16	16	16	16
	16	16	16	16	16	16	16	16
	16	16	16	16	16	16	16	16

con la especificación  $F(x, y) = INT[G(f_x, f_y)/Q_{i,c}(x, y) + 0.5]$ .

**GOP (Group of Pictures)**

Con la ayuda de la predicción de retroalimentación y bidireccional (cuadros P y B) la información redundante de la imagen es suprimida. Un GOP comprende 12 imágenes. La primera es siempre un código de intercuadro (interframe-coded) de imagen y elimina todos los errores que ocurren hasta el final de el ultimo GOP. Este es seguido por los cuadros de predicción (3x P y 8x B cuadros) los cuales predicen los errores. De cualquier manera la calidad de la imagen depende de el contenido de la misma y el factor de compresión.

GOP secuencia	I B B P B B P B B P B B
Duración (típica)	12 x 40 = 480 ms
Contenido típico de datos	I cuadro 1000 Kbit P cuadro 300 Kbit B cuadro 100 Kbit
Tamaño de datos de una señal de programa con una buena calidad de imagen	5 Mbit/s a 6 Mbit/s

El flujo de datos transmitidos a la salida del codificador de video es designada por el flujo elemental de video (ES video).

**Codificación de audio ISO/IEC 13818-3**

Junto con la codificación de video el audio es también codificado, teniendo las siguientes características.

Código para la capa 1

Divisiones del ancho de banda del audio	32 subbandas de anchura uniforme
Bloque de procesamiento	12 muestras
Duración del bloque	$32 \times 12 / 48000 = 8$ ms (tip.) 48 KHz velocidad de muestreo
Factor de escala de bloque	Máximo valor de 12 muestras
Resolución del factor de escala	6 bits
Resolución de las muestras	2 bits... 15 bits (dependiendo de la cuantización permisible de ruido)

Las 12 muestras son divididas por un factor de escala y cuantizadas

Divisiones del ancho de banda del audio	32 subbandas con BW uniforme
Bloque de procesamiento	36 muestras
Duración del bloque	$32 \times 36 / 48000 = 24$ ms a 48 KHz de velocidad de muestreo
Factor de escala de bloque	2 a 3 por bloque y subbanda, suficiente para la duración de la mascara temporal.
Factor de escala de bloque	Valor máximo de 36 muestras
Numero de ID de factor de escala	2 bits
Resolución del factor de escala	6 bits
Resolución de las muestras	2 bits a 15 bits (dependiendo de la

	cuantización permisible de ruido)
Cuantización en subbandas 23 a 26 de >50 Kbit/s y 48 KHz de velocidad de muestreo	0 (cancelación), 3, 5, 65535 pasos de cuantización.

**PES (Packetized Elementary Stream)**

El flujo elemental ES de video y de audio son codificados. Después de esto se obtiene el PES. Cada paquete de PES comienza con un encabezado, el cual con adición del código de inicio (24 bits) contiene la siguiente información:

Contenido del PES (stream ID)	8 bits
Longitud del PES	16 bits

**TS (Transport Stream)**

El multiplexor combina las señales de video, audio y la información de PES, además suma la información de PSI (program specific information) y SI (service information), en paquetes de 184 bytes cada uno y adhiere un encabezado al principio de cada paquete. El paquete de flujo de transporte TS con un tamaño de 188 bytes es obtenido. El encabezado del TS contiene la siguiente información:

Byte de sincronía	0 x 47
Bit TEI (Transport error indicator)	Indica si un paquete de datos de TS no es completamente correcto
Numero de identificación de paquete PID (paquete ID)	13 bits
Banderas para anunciar un campo opcional	2 bits
Reloj de monitoreo para monitorear la continua transmisión de los paquetes (contador continuo CC)	4 bits

Como se menciona en la tabla anterior si se contiene un campo adicional se tiene, que el reloj de referencia del programa PCR derivado de STC (reloj del sistema) o PLL tiene 42 bits adicionales.

**Multiplexor MPEG-2**

La velocidad de transmisión del TS para un programa es de 2 Mbit/s a 7 Mbit/s (máximo 15Mbit/s). De esta manera tenemos:

Video	2 Mbit/s a 6 Mbit/s
Audio	32 Kbit/s a 384 (+64) Kbit/s
Datos	Si es requerido
PSI/SI	Arriba de 1 Mbit/s

La típica velocidad de transmisión del TS para un canal de acuerdo con el presente estado del arte es de:

Via cable	38.153 Mbit/s
Via satélite	38.015 Mbit/s
Terrestre	19.393 Mbit/s

El TS puede contener 5 programas con una alta calidad y hasta 10 programas con menor calidad en el caso de sistemas de cable y satélite mientras que para transmisión terrestre puede contener de 3 a 6 programas. A continuación se muestra un diagrama a bloques que describe el proceso anteriormente mencionado.

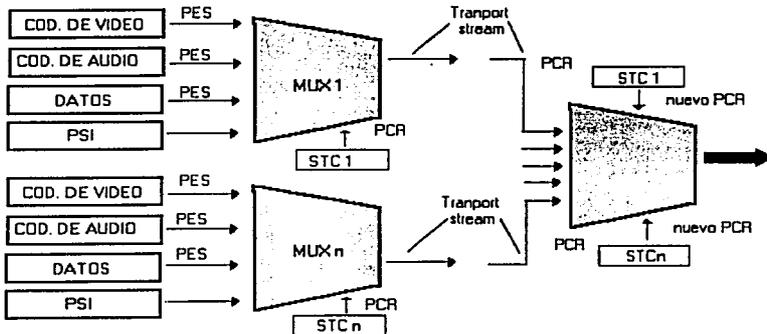


Figura 6.8 Diagrama a bloques de codificación, multiplexaje y transmisión de DTV.

### Tablas PSI/SI

Con la ayuda de las tablas el demultiplexor puede recibir toda la información necesaria acerca de la transmisión de tv y el contenido del TS

**Tabla PSI ISO/IEC 13818-1**

<b>PAT</b>	<b>Program Association Table</b> Lista de todos los programas contenidos en TS multiplexado con la referencia PID
<b>CAT</b>	<b>Conditional Access Table</b> Referente a programas encriptados
<b>PMT</b>	<b>Program Mape Table</b> Referencia de los paquetes PCR, nombre del programa, Copyright, etc..
<b>NIT</b>	<b>Network Information Table</b> Información acerca de la órbita, numero de transponedor, etc..

**Tabla SI ETS ETS300 468<sup>a</sup>**

<b>BAT</b>	<b>Bouquet Association Table</b> Esta tabla describe el arreglo de programas ofrecida por el canal de televisión
<b>EIT</b>	<b>Event Information Table</b> Guía de TV
<b>SDT</b>	<b>Service Description Table</b> Descripción de los programas ofrecidos
<b>RST</b>	<b>Running Status Table</b> Adaptación rápida y precisa al cambio de la programación, si es que esta ocurre
<b>TDT</b>	<b>Time and Date Table</b> Fecha y hora UTC
<b>TOT</b>	<b>Time Offset Table</b> Fecha y hora con indicación de la hora local

**Tabla PSIP (Program and System Information Protocol)<sup>b</sup>**

<b>MGT</b>	<b>Master Guide Table</b>
<b>TVCT</b>	<b>Terrestrial Virtual Channel Table</b>
<b>CVCT</b>	<b>Cable Virtual Channel Table</b>
<b>RRT</b>	<b>Rating Region Table</b>
<b>EIT</b>	<b>Event Information Table</b>
<b>ETT</b>	<b>Extended Text Table</b>
<b>STT</b>	<b>System Time Table</b>

<sup>a</sup> Esta tabla es referida a sistemas DVB

<sup>b</sup> Es el equivalente a la tabla SI para ATSC

**INTERFASES**

Las interfaces son aquellos dispositivos que abren las puertas de la televisión digital en la "casa de la televisión digital" y aplican el TS a la entrada respectiva del modulador de TV digital, ya sea DVB o ATSC.

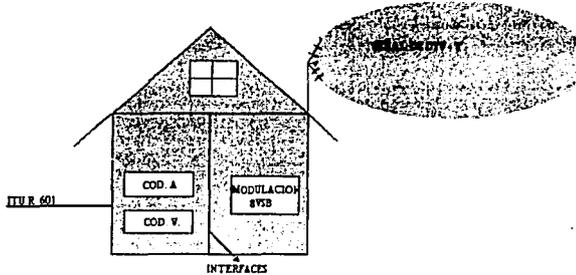


Figura 6-9. Modelo de "CASA DE DTV"

**SPI (Synchronous Parallel Interface)**

Características eléctricas LVDS (low voltage diferetial signalling).

Salida (Output)	Balanceda (Datos x A = Datos x B invertidos) nominal 1.25 V (1.125 V a 1.375 V) Amplitud de la Señal nominal 330 mV (247 mV a 454 mV)
Entrada (Input)	Balanceda
Voltaje máximo	V <sub>pp</sub> = 2 V
Voltaje mínimo	V <sub>pp</sub> = 0.1 V
Conector	25- Pin tipo D ( de ISO Doc. 2110 (1989))

Frecuencia del reloj  $f_T$  Depende de la tasa de transmisión del TS  $f_D$   
 $f_T = f_D \cdot 8$  (sin corrección de error Reed-Solomon)  
 $f_T = (204\ 188) \times f_D \cdot 8$  (con corrección de error de Reed-Solomon)

**SSI(Synchronous Serial Interface)**

Características eléctricas

Forma del pulso	Onda cuadrada, para definir las mascaras
Voltaje máximo	V <sub>pp</sub> = 1 V ± 10 %
Pérdidas	15 dB 3.5 MHz a 105 MHz
Jitter	J <sub>pp</sub> = 2 ns

**ASI (Asynchronous Serial Interface)**

Los 8 bits de MPEG-2 TS son convertidos en una palabra de 10 bits vía tablas predeterminadas.

La tasa de transferencia es de 270 Mbit/s

**Características eléctricas**

Cable coaxial	75 $\Omega$ /BNC
Perdidas	$\leq$ - 15 db 5 a 270 MHz
Amplitud de datos	V <sub>pp</sub> = 0.8 V $\pm$ 10%

**HDB3 (High Density Bipolar of 3<sup>rd</sup> Order)**

Esta interfase está definida en CCITT Rec. G.703 y describe 3 niveles de codificación de señal. Este tipo de interfase es poco usada. Las más utilizadas son SPI y ASI.



## Capítulo VII

# LA TRANSICION DIGITAL EN TV UNAM

### 7.1 Etapa de transición

#### TV DIGITAL: Una Sinopsis.

#### La Importancia de la TV Digital.

En los próximos diez años los sistemas de radiodifusión por televisión en todas partes del mundo pasarán del sistema analógico al digital, dando nueva forma a las telecomunicaciones globales. La TV Digital representa para el mundo de las transmisiones lo que los CD's para el mundo del audio y los DVD's para el video. Comparada con la televisión analógica actual, la TV Digital podrá ofrecer al consumidor una imagen muy superior, un sonido equivalente a CD-surround sound y nuevas aplicaciones.

Para las emisoras, la TV Digital significará nuevas oportunidades de negocios a través de la Televisión de Alta Definición (HDTV), múltiples programas simultáneos, datacasting y una amplia variedad de innovadores servicios de broadcasting. Desde la óptica de la política pública, la TV Digital ayudará a preservar el servicio de TV abierta de manera gratuita, un servicio muy importante para las naciones democráticas de América Latina. La TV Digital aportará un uso más eficiente y efectivo con respecto al costo del espectro electromagnético, un activo de valor extraordinario. En los Estados Unidos, por ejemplo, la transición a la TV Digital deberá resultar en la recuperación de más del 25 % del espectro utilizado hoy para las transmisiones de televisión, liberando un valioso espacio que se podrá subastar por centenares de millones de dólares y que puede incluir una amplia variedad de servicios de comunicaciones wireless.

#### La TV Digital en los Estados Unidos.

Bajo la solicitud tanto de las emisoras como de los fabricantes, la Comisión Federal de Comunicaciones de los Estados Unidos (FCC) adoptó la norma de TV Digital ATSC a fines de 1996. Actualmente, la transición a la TV Digital en los EE.UU se encuentra en marcha e inclusive más avanzada de lo que se había programado, con 271 estaciones de TV Digital cubriendo más de 75 % de los hogares con televisor en ese país.

#### TV Digital en América Latina.

ATSC es la opción para América Latina, países que utilizan bandas de 6 MHz, que en gran parte comparten un sistema común de transmisión analógico (NTSC) y que se mueven en dirección de una integración hemisférica. Una norma común de TV Digital en el hemisferio proporcionaría beneficios sumamente atractivos para los consumidores, emisoras, fabricantes y gobiernos a lo largo y ancho de América Latina. Una norma hemisférica creará un mercado de 800 millones de personas, trayendo más inversión para proyectos de investigación y desarrollo y una disposición de una amplia variedad de productos a precios más bajos, asegurándose que los productos de TV Digital en América Latina se mantienen a costos razonables.

Para muchos países de este continente, la TV Digital ofrece nuevas oportunidades económicas y sociales. Por su capacidad de transmitir cantidades enormes de datos, la TV Digital abierta brinda un medio eficaz de proveer cada vez mayor acceso a información a los hogares más carentes y a

pequeños negocios, tanto en entornos urbanos como rurales. Al ofrecer una plataforma a un costo razonable para proveer contenidos de Internet, la TV Digital podrá aportar una gran cantidad de servicios de información a personas que tal vez nunca tendrán una computadora. Por ejemplo, la TV Digital puede llevar la educación a áreas rurales, por medio de programas interactivos de aprendizaje a distancia y puede mejorar los servicios de salud, ofreciendo recursos cada vez mejores de diagnóstico a aquellos que se desempeñan en ese campo. Además, puede transmitir información meteorológica de gran importancia, ayudando a las personas a que se preparen para desastres naturales antes de que ocurran, salvando vidas y reduciendo los costos de tratamientos para emergencias. Cabe destacar que la infraestructura preliminar para brindar estos servicios ya existe, con una penetración televisiva a más del 90 % en muchos países Latino Americanos.

### **BENEFICIOS DE LA ESTANDARIZACION HEMISFERICA.**

ATSC es la única norma que puede unir a todo el hemisferio occidental con una única y estándar emisión de TV Digital.

- Hasta el momento Estados Unidos, Canadá y Argentina han escogido la norma ATSC, y se espera que México anuncie próximamente su elección por ATSC, creando de esta manera economías de escala que pueden beneficiar significativamente el resto del hemisferio, si éste decide optar el mismo sistema.
- Unificando al hemisferio con la norma ATSC se creará un mercado de más de 830 millones de personas.
- Las economías de escala inherentes a una norma estándar en el hemisferio significará que los consumidores y las emisoras pagarán menores precios por los equipos.
- El inmenso mercado común creado por una norma hemisférica atraerá mayor inversión en investigación y desarrollo para equipos y aplicaciones compatibles con la norma.

ATSC ofrece las mejores oportunidades para la creciente industria manufacturera local y de exportación.

- Los diseños de equipos ATSC requieren muy pocas modificaciones para ser usados en los países de América Latina.
- Contrariamente, los equipos de TV Digital Europeos requieren considerables cambios costosos para que puedan ser usados en América Latina.
- Los estándares japoneses carecen de escalas comerciales, haciendo que sea costoso adoptar plataformas ISDB-T.
- Ningún otro país ha adoptado la norma japonesa, y aún en Japón el servicio de TV Digital terrestre no estará disponible hasta finales del 2003, en solo tres ciudades.

Una norma ATSC se traducirá en una transmisión de Televisión Digital más rápida para cada país.

- Los ahorros en costos para consumidores y para las emisoras que se harán con la norma ATSC agilizará la transición de emisión análoga a emisión digital.
- La norma ATSC fue específicamente diseñada para el sistema de 6 MHz utilizado a lo largo del continente Americano, lo cual facilitará la transición.
- Una transición más rápida significará que los gobiernos de América estarán en capacidad de recuperar rápidamente el valioso espectro de las emisoras.

**ATSC: MAXIMA COBERTURA.**

El sistema de transmisiones ATSC/VSB proporcionará el servicio más confiable y sólido al mayor número de personas.

- Las pruebas de emisoras norteamericanas realizadas en el 2000 demostraron que con un sistema COFDM se tendría menos televidentes y una área de servicio geográfico menor que con el sistema ATSC/VSB.
- En países geográficamente grandes como los que se encuentran en América Latina, es necesario tener la mejor capacidad de cobertura y receptores de bajo precio para llegar a tanta gente como sea posible y de todos los niveles socioeconómicos. La norma ATSC cumple ambos criterios.
- Llegar al mayor número de televidentes con señales de alta calidad es esencial para el éxito en el marco de los modelos comerciales de hoy. Y llegar a los segmentos más pobres de la población reviste especial importancia, porque son ellos quienes más confían en la TV abierta para recibir programación de noticias, educación, deportes y entretenimiento.
- Con la norma ATSC se dispone de técnicas de repetidoras en el canal y de otras técnicas de reutilización de frecuencias para llenar los espacios vacíos en las áreas de cobertura de la TV Digital (DTV).

ATSC tiene una capacidad de cobertura original superior para la recepción tanto en interiores como en exteriores.

- Para una misma velocidad de datos, los sistemas COFDM requieren más del doble de potencia que el VSB para lograr la misma cobertura, causando mucha más interferencia en el servicio análogo y haciendo mucho más difícil la asignación de canales de TV Digital.
- Para aumentar al máximo el uso eficiente del espectro electromagnético, ATSC proporciona la mejor combinación de cobertura original y protección contra interferencias, permitiendo que cada emisora tenga un segundo canal durante el periodo de transición.
- La capacidad del sistema ATSC/VSB de operar con señales con menos de la mitad de la potencia requerida por cualquier sistema de la competencia mejora en un alto grado el servicio hacia las áreas rurales, y facilita la recepción en interiores.

Los mayores niveles de interferencia que se experimentan con los sistemas COFDM se traducen directamente en una menor cobertura y en una capacidad más limitada para hacer las asignaciones de frecuencia de TV Digital que no dañen la recepción análoga durante la transición a digital.

- Los sistemas COFDM necesitaban una potencia considerablemente más alta para lograr la misma cobertura que el ATSC/VSB, pero los sistemas COFDM no pueden aumentar los niveles de potencia para lograr esta cobertura, porque los mayores niveles de potencia interferirían con los servicios de TV análoga ya existentes.
- El déficit en los primeros receptores VSB para manejar los problemas multitrayecto causados por señales reflejadas prácticamente se ha eliminado, y las ventajas en el ámbito de las interferencias y de cobertura del VSB se mantienen.
- Por ejemplo, las pruebas realizadas en el centro de investigaciones de comunicaciones de Ottawa, Canadá de un prototipo de receptor VSB desarrollado por LINX Electronics mostró dramáticas mejoras en la habilidad de recepción, especialmente en la habilidad de administrar condiciones asociadas con el *multipath*. Los receptores LINX administraron exitosamente conjuntos de fantasmas (*ghosting*) que ninguna de las normas de TV Digital de la competencia pudieron manejar durante pruebas conducidas en Brasil en 1999.

- Debido a que el sistema ATSC/VSB requiere menos potencia de pico (*peak power*) para alcanzar la misma potencia promedio, para un mismo servicio y cobertura un transmisor ATSC/8-VSB requiere únicamente un cuarto de la potencia necesaria para COFDM. Esto representa ahorros considerables en los costos de equipo y en los actuales gastos de operación para las emisoras terrestres. Esta diferencia en la demanda de energía para obtener la misma cobertura puede tener un profundo impacto en el costo de poner una señal de TV Digital en el aire, lo que hace que ATSC/VSB sea mucho más accesible para las emisoras que los sistemas COFDM. Puede representar, por ejemplo, la diferencia entre usar una torre de emisión ya existente o el tener que construir una nueva torre, lo cual resulta extremadamente costoso y dispendioso.

### **ATSC Y LA RECEPCION MOVIL.**

Si bien la idea de extender el mundo de las comunicaciones móviles desde los teléfonos a la televisión tiene un cierto atractivo, la viabilidad técnica y económica de esta visión es incierta debido a los desafíos impuestos por el mundo real con cualquiera que sea la norma de TV Digital que se seleccione.

Prestar cualquier tipo de servicio de TV Digital móvil implica una drástica reducción en la carga útil que podrá ser transmitida.

- Una recepción móvil confiable puede significar la reducción a un cuarto o menos de la tasa de datos transmitida.
- Si se proporciona un servicio móvil, es probable que este sea usado solo por un pequeño número de televidentes, limitando a la vez seriamente la cantidad y/o calidad de los servicios disponibles para la mayor parte de la población que usa receptores fijos o portátiles. Por lo tanto, a menos que se establezcan canales adicionales y específicos para servicios móviles, ofrecer un servicio móvil a un pequeño número de televidentes puede comprometer la capacidad de ofrecer de manera gratuita un rango completo de servicios de TV Digital a la vasta mayoría de televidentes.

Los servicios móviles enfrentan numerosos problemas para su implementación en la vida real.

- El problema para cualquier sistema es que cuando las señales quedan bloqueadas por edificios altos u otras obstrucciones, el sistema falla. Si no hay señal, no hay servicio.
- Es probable que la ventaja del umbral de relación señal/ruido de 4 dB de ATSC/VSB sea una ventaja importante en las aplicaciones para peatones y móviles, puesto que el VSB seguirá funcionando con una potencia de señal de solo el 40% de la mínima potencia de señal requerida para los sistemas COFDM.
- Es factible que un servicio móvil verdaderamente viable requiera una red celular.
- Esto, a su vez, exigirá una arquitectura de sistema totalmente diferente, lo que tendría un gran impacto en los costos de las emisoras, y suscitará significativas preocupaciones estéticas y ambientales.
- También plantearía serias preguntas de políticas públicas con respecto al sacrificio de la calidad y/o cantidad de servicios televisivos para receptores fijos o portátiles, lo que podría comprometer la entrega de la televisión abierta.
- Además, podría suscitar problemas de justa competencia con los proveedores de servicios de telecomunicaciones existentes.

Existen serias dudas en cuanto a si alguna de las normas de TV Digital existentes ofrece ya un desempeño adecuado para soportar un servicio de TV Digital móvil práctico y comercialmente viable.

- Las pruebas efectuadas en Hong Kong indican que la norma europea podría lograr únicamente una esporádica recepción móvil.
- Incluso a la extremadamente baja velocidad de datos de 4 Mbps (en un canal de 8 MHz), la recepción cerca de edificios altos demostró no ser viable.
- En Singapur se requieren 11 transmisores para que solo una emisora proporcione servicio a esa pequeña isla (42x23 kilómetros, es decir, 648 Km<sup>2</sup>).

Respondiendo al creciente interés de las emisoras, ATSC esta añadiendo mejoras que podrían ser usadas para soportar los servicios móviles.

- No obstante estos problemas, ATSC esta trabajando junto con sus miembros para estandarizar las mejoras al VSB, las cuales incluirán modos de transmisión más robustos que podrían ser usados para soportar la recepción móvil.
- Estas mejoras están siendo revisadas y se espera que se incorporen a la norma ATSC a finales de este año.
- Aún sin estas mejoras, los cambios en los receptores VSB pueden facilitar la provisión de servicios móviles. Por ejemplo, LINX Electronics han demostrado cambios dramáticos en los receptores VSB que pueden llegar a ofrecer una recepción móvil mejorada en los próximos años.

### ATSC APLICACIONES FLEXIBLES.

La norma de Televisión Digital ATSC es extremadamente flexible al ofrecer una amplia variedad de aplicaciones y entregar una gran cantidad de datos.

- Con su alta velocidad de datos de 19.4 Megabits por segundo (Mbps), el sistema ATSC/VSB es altamente flexible y ofrece:
  - Televisión de alta definición (HDTV)
  - Múltiples programas de televisión de definición estándar (SDTV).
  - Difusión de datos.
  - Servicios interactivos.
  - Capacidad de soportar nuevas aplicaciones, como páginas de Internet, comercio electrónico, juegos de videos, etc.
  - Diversas combinaciones de los servicios mencionados.

Algunos de los beneficios ofrecidos por la norma ATSC son su flexibilidad y espacio libre para mejoras a medida que la tecnología y las necesidades del mercado sigan evolucionando.

- Desde el comienzo, la norma ATSC se diseñó teniendo en cuenta la futura expansión de la funcionalidad y un rendimiento mejorado.
- En forma paralela al continuo y sólido despliegue de la TV Digital en Estados Unidos se están estandarizando diversas mejoras al VSB para ampliar las capacidades de la norma ATSC, incluyendo modos de transmisión más robustos que soportarán la recepción móvil. Se espera que estas mejoras sean incorporadas a la norma ATSC en 2002.

La flexibilidad no está determinada únicamente por el alto número de posibles diferentes configuraciones técnicas de sistemas.

- Aunque los sistemas COFDM pueden operar bajo diferentes modos, todos estos modos son menos eficientes que VSB para entregar la máxima velocidad de bits al máximo número de televidentes a un determinado nivel de potencia.
- Los sistemas COFDM no pueden lograr las tasas combinadas de transmisión de datos que se necesitan para las combinaciones de HDTV y servicios auxiliares de datos y a la vez entregar mayor capacidad de cobertura representada por el menor umbral de relación señal/ruido de 4 dB de ATSC/VSB.
- La ventaja del ATSC es especialmente importante en los países de 6 MHz, donde no se dispone de un ancho de banda adicional para proporcionar la mayor protección contra errores que requiere el COFDM.

El sistema ATSC/VSB es altamente flexible y ofrece a las emisoras la capacidad de seguir una gran variedad de modelos comerciales.

### **ATSC: YA HAY MAS DE 400 PRODUCTOS DE TV DIGITAL DISPONIBLES.**

En la actualidad, el mercado norteamericano ofrece numerosos y variados productos HDTV y otros productos de uso comercial para la TV Digital.

- 351 modelos de monitores HDTV y 33 modelos de monitores EDTV.
- Se pueden combinar con un *Set-top Box* ATSC sobre la TV para recibir y exhibir programas HDTV, EDTV o SDTV.
- 23 modelos de receptores HDTV integrados.
- 16 modelos de *Set-top Boxes*.
- Los precios comienzan a partir de aproximadamente US\$400. Hace dos años estaba a US\$1.....
- La mayoría soporta recepción vía satélite directa al hogar, así como también recepción terrestre.
- Tarjetas PC para computadoras personales. Con precios que oscilan entre los US\$150 y los US\$300.
- Permiten a los usuarios recibir programas y servicios de TV Digital en sus PC's.

Desde que se inició la transición a fines de 1998, los precios han caído más de un 50 %.

- Se espera que en los próximos dos años los precios descieran otro 50 % más.
- En promedio, los precios descendieron a razón de un 2% mensual.

Las ventas de productos de TV Digital están aumentando rápidamente.

- En el 2001 se vendieron 1.7 millones de productos de TV Digital, incluyendo monitores, receptores integrados y *Set-top Boxes*.
- Hacia fines de 2001, la inversión acumulativa de los consumidores en productos de TV Digital en EE.UU. llegó a los US\$5.4 mil millones.
- En su enorme mayoría, los consumidores norteamericanos de TV Digital están muy satisfechos con sus productos digitales en sus hogares.

ATSC incluye el Sistema de Audio Multicanal Dolby Digital (AC-3).

- El sistema AC-3 proporciona un mejor desempeño con los mismos índices de bits, comparado con el sistema multicanal europeo.
- El sistema AC-3 es, de hecho, la norma mundial para audio multicanal.
- Hoy en día, el sistema europeo permite la opción de incluir el AC-3

En Resumen la propuesta es adoptar en México la norma ATSC, porque:

ATSC se está consolidando en todo el mundo.

- En los Estados Unidos, ya hay 457 estaciones digitales en el aire que cubren 128 mercados, alcanzando 90 % de los hogares en los Estados Unidos.
- Canadá DTV Inc. está preparando el lanzamiento de los servicios comerciales de ATSC en Canadá para finales del 2002 principios del 2003.
- En México se están efectuando transmisiones experimentales hace cuatro años y ya hay por lo menos una estación comercial ATSC está operando.
- ATSC es la norma oficial de Argentina, aprobada en 1998.
- Brasil está considerando la norma ATSC, además de otras alternativas.
- Las condiciones para que el resto de América Latina adopte ATSC son excelentes.
- En el 2001 Corea del Sur lanzo servicios comerciales de TV Digital utilizando la norma ATSC, los cuales ya están disponibles para el 30 % de sus habitantes.
- ATSC es la opción para las Filipinas, que usa la misma norma de TV analógica que la mayor parte de América.
- ATSC está activa en China , aunque este país al vez adopte su propia norma, esta podría ser similar a la norma ATSC, con un sistema de 8 MHz y un sistema de transmisión ATSC desarrollado por China.

Además ATSC ofrece ventajas económicas significativas.

- ATSC es el único sistema digital de 6 MHz abierto implementado que proporciona TV de Alta Definición (HDTV) junto con una gama completa de otros servicios de TV Digital. Estos incluyen múltiples programas de TV de Definición Estándar (SDTV) y servicios de transmisión de datos.
- Uno de los principales enfoques de ATSC es la HDTV (no existe ningún plan para los servicios de HDTV en Europa).
- Una amplia variedad de equipos de TV Digital ya está disponible a precios que continúan disminuyendo.
- Los consumidores en los países que adoptan ATSC pueden aprovechar de inmediato la ventaja de mas de tres años de progreso en la baja de precios de los equipos.
- ATSC se ha puesto en marcha utilizando decodificadores para todos los formatos, de manera tal que los países que prefieran empezar con servicios de SDTV puedan pasar a HDTV cuando lo deseen, sin que los receptores originales se vuelvan obsoletos.
- Implementar ATSC alrededor de América implica tener un mercado común más amplio, con 800 millones de consumidores.
- Un mercado hemisférico generará economías de escala y contará con una mayor variedad de productos a precios más bajos así como una mayor cantidad de proveedores, especialmente en el caso de los receptores de HDTV y decodificadores para todos los formatos.
- Implementar ATSC le proporcionará a América Latina, mejores oportunidades para exportar y tener proyectos conjuntos de investigación y desarrollo.

## 7.2 Discusión en TV UNAM

### PROPUESTA PARA LA TRANSICION DE TV ANALOGICA A TV DIGITAL EN TV UNAM.

A pesar de que se tiene ya un mercado potencial muy importante en América Latina, en especial en México, es difícil hacer una propuesta en base a costos de equipos y en base al costo total que implicaría la Transición en TV UNAM, ya que el costo de los equipos se encuentra en una etapa de fluctuación a la baja. Sin embargo como mencionamos en los párrafos anteriores, podemos fundamentar nuestra propuesta en base a las características vistas en cuanto al funcionamiento de cada uno de los dos estándares existentes para Transmisión Digital de Televisión (DTV).

Nuestra propuesta es hacia el sistema americano ATSC, debido a las ventajas mencionadas en párrafos anteriores. Fundamentando así nuestra propuesta, en los párrafos siguientes hacemos un bosquejo de cómo quedaría integrado finalmente el sistema de televisión digital en TV UNAM.

#### 7.2.1 Propuesta de equipamiento para transmisión digital de TV.

El principal objetivo de esta propuesta es el de recomendar la implementación de equipo de televisión digital para realizar la transición de televisión analógica a digital. La propuesta aquí realizada nos proporcionara los requerimientos para la conexión entre las diferentes fuentes, el multiplexage y la emisión (capas, protocolos, control y sincronización).

El resultado de esta propuesta contendrá los parámetros requeridos para:

- Interconexión entre los componentes analógicos y digitales de una canal de televisión.
- Características técnicas para el equipamiento de un canal de DTV.
- Transmisor, equipo de control y recepción de DTV.

#### Aspectos generales.

El siguiente diagrama ilustra los componentes básicos de un modelo de estación emisora. Estos componentes del diagrama tal vez sean agrupados o colocados de manera diferente físicamente.

A continuación se detallan los componentes que se muestran en la figura 7-1.

**Codificador de Audio (Cod. A)** Es la representación del proceso de codificación, que lee las muestras de audio a la entrada y produce un código de bits válido, definido en ISO/IEC 13818-1 y ATSC A/53.

**Codificador de Video (Cod. V)** Es la representación del proceso de codificación, que lee las muestras de video a la entrada y produce un código de bits válido, definido en ISO/IEC 13818-1 y ATSC A/53.

**Multiplexor de Programa (Mux)** El multiplexor de programa es la representación física del dispositivo que es capaz de combinar un número de fuentes codificadas de audio y video "elementary stream" en un solo programa. A la salida del multiplexor se tiene una capa de transporte en MPEG-2.

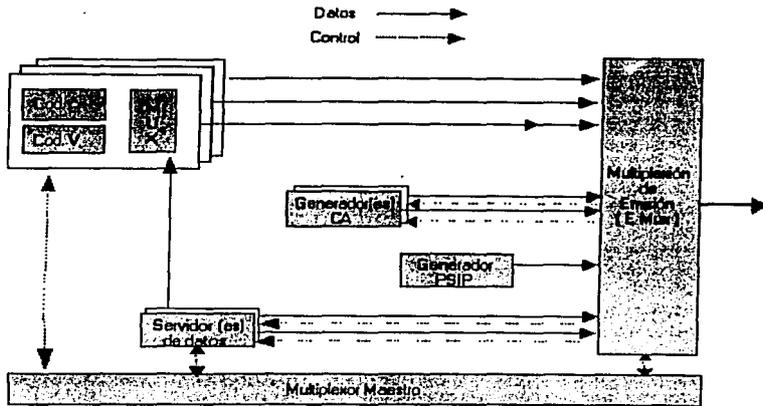


Figura 7-1. Modelo de una estación emisora

**Generador de Acceso Condicional (CA)** Este dispositivo es opcional. Dicho generador estará presente solo si alguna parte de la señal de salida TS del multiplexor de programa se encuentra interferido. El generador de CA provee mensajes de derecho de control (ECM's Entitlement control messages) y derecho de mensajes maestros (EMM's Entitlement Management messages) de una manera mínima al multiplexor de emisión en forma de paquetes MPEG-2. El enlace entre el multiplexor de emisión y el generador de CA es un canal bidireccional así la información del CA será insertada oportunamente a la señal de salida TS del multiplexor de emisión.

**Generador PSIP** El generador PSIP es responsable de proporcionar la infamación necesaria del programa y del sistema al multiplexor para generar una señal de salida TS multiprograma ATSC MPEG-2. El enlace entre el multiplexor de emisión y el generador PSIP es un canal bidireccional así alguna de la información del PSIP será insertada oportunamente a la señal de salida TS del multiplexor de emisión.

**Servidor de Datos** Se trata de un dispositivo físico el cual es capaz de proporcionar la representación de un código válido usando los protocolos y técnicas definidas en ATSC T3-504\* para cualquier entrada de datos. Los paquetes de la señal de salida TS del servidor es siempre en formato MPEG-2.

El servidor podrá soportar los protocolos descritos en SMPTE 325M "Opportunistic Data Broadcast Flow Control", SMPTE RP-203-1999, "Real Time Opportunistic Data Flow Control in an MPEG-2 Transport Emissions Multiplex" y SMPTE RP-206-1999 "Opportunistic Data Flow Control Using Ethernet as a Control Channel in an MPEG-2 Transport Emissions Multiplex".

\* Estándar ATSC T3-504, 30 Julio de 1999, (Formalmente ATSC T3/S13-Doc. 010, Revisión 1.3) « ATSC Data Broadcast Specification ». Más información <http://www.atsc.org>

**Multiplexor Emisor (E Mux)**

El emisor Multiplexor, es un dispositivo físico el cual es capaz de insertar paquetes MPEG-2 TS dentro de otro paquete de MPEG-2 TS y puede extraer paquetes MPEG-2 de uno mas MPEG-2 TS. A la salida del emisor multiplexor se tiene un multiprograma MPEG-2 TS.

**Multiplexor Maestro.**

Es un dispositivo de control maestro, el cual es responsable de comunicar cualquier requerimiento de información a cualquier dispositivo e entidad que lo solicite.

**La cadena transmisión-recepción en TV UNAM**

Cuando la cadena de producción completa del programa de televisión( grabación, postproducción, almacenamiento y transmisión ), sea completamente digital, quizá existan dos formatos principales de presentación de la imagen; SDTV( Standard Digital TeleVision) y HDTV( High definition Digital TeleVision ).

El formato SDTV se refiere a una imagen tipo NTSC digitalizada, manteniendo sus principales características, como son: 525 líneas horizontales con una frecuencia de 15734.264 Hz. y 59.94 carater por segundo. Las principales diferencias y ventajas con respecto a esta son la no necesidad de la modulación en cuadratura de la crominancia, por lo que no es necesario ningún ajuste de fase de una subportadora, además de la mayor calidad de la imagen.

El formato HDTV digital, similarmente al anterior, consiste en la digitalización de una señal HDTV analógica, misma que aún no se encuentra estandarizada por no ser popular en la actualidad por el alto costo de los equipos de producción y los televisores, además del gran ancho de banda que requiere para su transmisión. Sin embargo, con la transmisión digital con la norma ATSC, en un canal de 6 MHz. de ancho de banda, se puede transmitir con excelente calidad, por lo que uno de los principales problemas ya está resuelto. Con esta circunstancia, es probable que a mediano plazo se convierta en el formato estándar de televisión abierta por la superior calidad de imagen, comparada con la SDTV.

Para recibir la señal SDTV solo se requiere agregar a nuestros receptores de TV actuales la mencionada STB o caja receptora-decodificadora, que sintonizará el canal deseado, decodificará la señal digital y nos entregará el video y audio en forma de señal NTSC. En tanto que para tener todas las ventajas de la HDTV es necesario un monitor de alta resolución, implicando un alto costo para el televidente, que no estará dispuesto a sufragar.

Otro factor muy importante a tener en cuenta es que para transmitir en HDTV es necesario cambiar todo el equipo de producción que se tiene en la actualidad, desde cámaras, sistemas de postproducción y almacenamiento, lo que implica un enorme gasto para las empresas de televisión.

Por las razones anteriores, la primera etapa de digitalización en TV UNAM( y quizá en todas las estaciones de televisión abierta ) será la transmisión al público, similar a la migración del videocasete al DVD. En esta situación, los televidentes necesitarán comprar únicamente el STB y las televisoras un sistema codificador-transmisor-antena para hacer llegar la señal digital a los hogares. Teniendo al principio y al final de la cadena la conocida señal NTSC, esta cadena se ilustran en la siguiente figura 7-2.

De la figura 7-2 surge la pregunta, ¿Qué ganamos los televidentes digitalizando solamente la etapa de transmisión de una señal en esencia igual que la actual NTSC ? La respuesta la tenemos en la mayor calidad de imagen, con posibilidad de hasta 6 canales de audio y los servicios auxiliares explicados anteriormente, que se pueden ofrecer en el mismo ancho de banda de un canal de

transmisión actual, aunque para mucha gente estas ventajas no justifican la compra de la STB, si esta se ofrece a un precio razonablemente bajo, puede convencerse de comprarla, cerrando de esta manera la cadena anterior y comenzando la etapa de digitalización total de la TV.

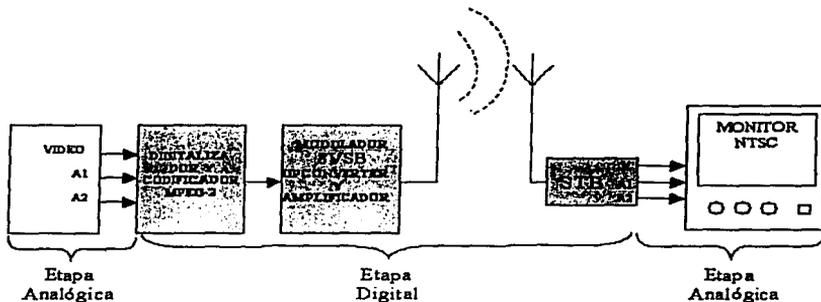


Figura 7.2.- Primera etapa de digitalización en TV UNAM.

En cuanto a equipos disponibles en la actualidad para esta primera etapa digital, por ser tecnología de "vanguardia", no existen muchos fabricantes de los equipos necesarios, tanto para la transmisión como para el control de calidad de esta. Por otra parte, los producidos por los diferentes fabricantes, no se ha comprobado en la práctica que sean 100 % compatibles, por ser en su mayoría controlados por medio de PC's, por lo que se ha decidido en TV UNAM adquirir la mayor cantidad posible de un solo fabricante, para así asegurar la compatibilidad entre ellos.

En la figura anterior no se muestran todos los aparatos que son necesarios para el control de calidad de la etapa digital en una canal de televisión profesional, mismos que si se indicarán en el siguiente punto, donde se explica la función de cada equipo dentro de la cadena digital.

### 7.2.2 El transmisor digital de televisión.

El transmisor digital de televisión lo fabrica la empresa alemana Rhode & Schwarz, siendo el modelo NV 7001 y se compone de dos módulos principales, el codificador y modulador 8VSB, que realiza la codificación de canal explicada anteriormente, consistente en la codificación Reed Solomon y codificación Trellis, además de la modulación 8VSB propiamente dicha. Debido a esto, solo necesita recibir la señal MPEG-2 con la interfase SMPTE 310, explicada en el capítulo anterior, para lo cual cuenta con dos entradas tipo BNC @ 75  $\Omega$ . Todos los parámetros de funcionamiento son programables y se pueden realizar por medio de su panel de control o una computadora, a través de una interfase tipo RS 232, quedando grabados en una EPROM, por lo que no es necesario hacerlo cada que se enciende. El monitoreo del funcionamiento también puede ser realizado por estos dos medios. La conversión a UHF se realiza en este módulo e igualmente por medio de los dos modos se le asigna el canal de salida.

Del módulo anterior la señal 8VSB se envía al módulo amplificador, donde se la da la potencia necesaria, en este caso de 125 Watts como máximo, recordando que para el caso de la transmisión analógica son necesarios menos de 30 Watts, por lo que con esta capacidad se cubren las

necesidades perfectamente, sobre todo si se considera que para cubrir una área definida, se necesita menos potencia en la transmisión digital que en la analógica.

La salida se obtiene por medio de un conector de 1 5/8 " que cumple con la normatividad de EIA, todo el equipo se aloja en un rack de 19 " con una profundidad de 800 mm. El rango de frecuencias de operación va de los 470 a 860 MHz, por lo que el canal 60( 746- 752 MHz ) asignado a la UNAM queda comprendido en el. La alimentación es trifásica de 400 Vca, por lo que tiene un transformador de acoplamiento para los 120 V con los que se opera.

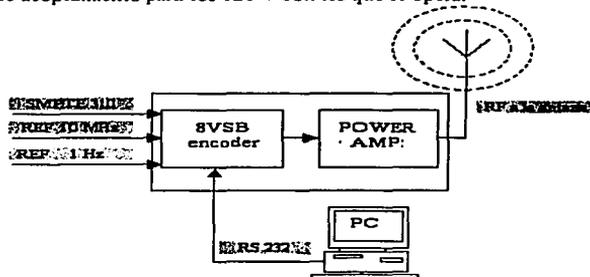


Figura 7.3.- El transmisor digital, con las señales de entrada y salida.

La figura 7.3 ilustra el diagrama a bloques del transmisor, con las señales que entran y salen de él.

**TRANSMISOR UHF ROHDE & SCHWARZ (NV 7021)**

**UHF Transmisor Familia NH/NV 7001**

**Especificaciones**

Rango de Frecuencia	470 MHz a 860 MHz
Fuente de Poder	3 x 400 VAC +/-10% operación trifásica
Altitud Máxima de Instalación	2000 m sobre nivel del mar (>2000 m sobre petición)
Rango de Temp. de operación	+1° C a +45° C
Temperatura de entrada de aire circulante	-20° C a +40° C
Humedad rel. del aire permitida	95%
Dimensiones (WxHxD) en mm	582 x 2034 x 800
Conectores RF	1 5/8 EIA

**Entradas**

Analógicas	2 x video (BNC, 75 W)
	2 x audio (XLR, 3 contact)
DVB-T	2xASI
ATSC	2Xsmpte-310 (BNC, 75 W)

**Interfaces**

RS-232	en el frente, operación del transmisor por medio de una interfase gráfica de usuario (GUI) desde una PC
--------	---

RS-485	sub-D, Hembra, 9-contact para control remoto del transmisor, sub-D, hembra, 9-contact
RS-232	para control remoto del transmisor, sub-D, hembra, 9-contact (conexión compatible para módem)
<b>Opcional</b>	interfase de control remoto paralela, flotante, para Mensajes y comandos; interfase SNMP y/o TCP/IP WEB server.

**Especificaciones (DVB-T/ATSC)**

Salida de Potencia de RF DVB-T	200 W
Salida de Potencia de RF ATSC	250 W
Módulos de Potencia de plug-in	1 x 200 W/250 W
Número de Fuentes de Poder	1 (2)
Frecuencia de Referencia	1 MHz, 5 MHz o 10 MHz, 0.1 V...5 V(Vss) o TTL, BNC
Pulso de Referencia	1 Hz, TTL, BNC

**DVB-T**

Codificado y modulación de acuerdo a EN 300744	
Modo IFFT	2 k y 8 k
Periodo de Símbolo Util	224 $\mu$ s (2k) o 896 $\mu$ s (8k)
Modulación	QPSK, 16QAM o 64 QAM
Intervalo de Guarda	$\frac{1}{4}$ , $\frac{1}{8}$ , $\frac{1}{16}$ o $\frac{1}{32}$ del periodo de símbolo útil
Code rate interno	$\frac{1}{2}$ , $\frac{2}{3}$ , $\frac{3}{4}$ , $\frac{5}{6}$ o $\frac{7}{8}$

**ATSC**

<b>De acuerdo al Doc. A53/1995</b>	
Modulación	8VSB
Symbol rate	10.76 MHz
Data rate	19.39 Mbit/s
Trellis coding	2/3
Codificador Reed-Solomon	207/187/10

**El módulo codificador MPEG-2**

Antes del transmisor tenemos la etapa de digitalización y codificación en MPEG-2, mismas que pueden ser realizadas en un solo aparato o en dos separados, en este caso se recomienda que sean dos aparatos porque un equipo de medición de calidad de la señal MPEG-2 compara esta señal con la señal digital ITU R.601 de la que se obtiene, por lo que si se adquiere un solo equipo no se tendrán disponibles las dos señales.

Un codificador MPEG-2 diseñado especialmente para transmisión terrestre bajo la norma ATSC es el llamado UNICODER SD, del fabricante HARRIS, se denomina SD, porque el módulo interno que realiza la codificación es para la señal NTSC, debido a que se puede adquirir con módulos para HD.

El módulo codificador( tarjeta llamada EVA 150 o EVA 200 ) puede recibir las señales de video y audio en forma analógica o digital, si la entrada es digital debe ser bajo la norma SMPTE 259( SDI a 270 Mbps y a 10 bits de resolución, el audio estéreo en la norma AES/EBU-SMPTE 276, la codificación es MPEG-2 MP@ML 4:2:0, los datos auxiliares necesarios en el módulo codificador llegan a través de una interfase RS-232, provenientes de una PC.

Después del módulo codificador MPEG-2, tenemos un Módulo que funciona como interfase de sistema( tarjeta NIM-100 ), teniendo la función de agregarle al stream MPEG-2 los datos para los servicios extras, como closed caption, audio Dolby AC-3 5.1 y en general controla los datos del PSIP, a través de una interfase LAN ethernet 10 base T, con esta interfase se controla el formato final de salida, tipo ATSC o DVB. Tiene otra interfase tipo RS 232 que se utiliza para el diagnóstico, aunque puede realizar la misma función que la anterior con menos posibilidades. Tiene una entrada tipo BNC @ 50  $\Omega$  a la cual se puede conectar opcionalmente una señal de referencia de 10 MHz, onda cuadrada, para lo cual se tiene el generador externo llamado SPECTRACOM 8195A, aunque es opcional, como el transmisor necesita la misma señal, se puede adquirir y enviar la señal a los dos equipos. La salida final es en formato MPEG-2 bajo la norma SMPTE 310M, con un conector tipo BNC@ 75  $\Omega$ , teniendo dos salidas independientes disponibles. El esquema general se muestra en la figura 7.4, con las entradas y salidas necesarias.

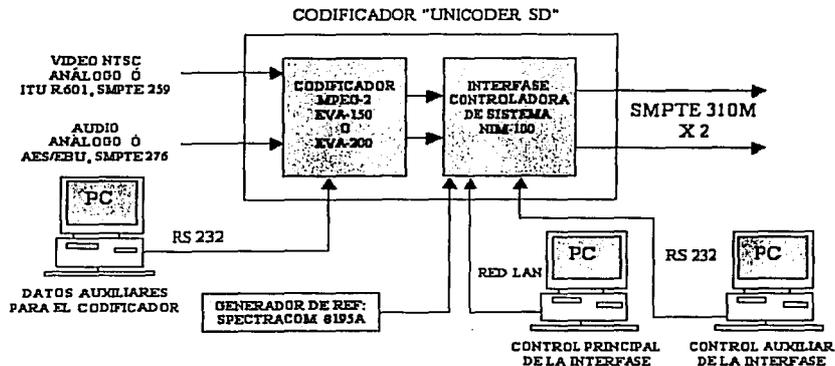


Figura 7.4.- Diagrama del codificador MPEG-2 ATSC, con todos los equipos auxiliares y señales necesarias.

**El módulo digitalizador de video y audio en la norma ITU R.601 y AES/EBU**

La interfase entre el ambiente analógico y el digital, encargada de convertir el video y audio analógicos al formato digital ITU R.601 para el video y AES/EBU para el audio puede ser un equipo diseñado para aplicaciones de estudio y postproducción de programas NTSC pero en un ambiente digital, consta de varias tarjetas que realizan diferentes funciones, pero todas se colocan en un solo chasis o "frame". De esta manera, se compra el chasis solo con las tarjetas que necesitaremos, en caso de que se necesitara alguna otra, se puede adquirir posteriormente y agregarse al mismo.

El equipo es fabricado por la compañía LEITCH y forma parte de un sistema denominado DIGITAL GLUE, que tiene como fin el conjuntar módulos en un solo equipo, que nos ayudan a trabajar en un ambiente híbrido análogo-digital, en nuestro caso necesitaremos las siguientes tarjetas o módulos:

**Tarjeta digitalizadora DEC-6801 o DES-6801.-** Esta tarjeta realiza la conversión de video analógico compuesto NTSC/PAL al formato digital ITU R.601, con una cuantización de 10 bits, con salidas serie tipo SDI a 270 Mbps., con cuatro salidas independientes. La diferencia entre la DEC-6801 y la DES-6801 es que la segunda integra in sincronizador, por lo que necesita una entrada de referencia de video o Black Burst.

**Tarjeta digitalizadora ADC-6880.-** Esta tarjeta realiza la conversión analógico-digital de dos canales de audio, bajo la norma AES/EBU-SMPTE 276, con cuantización de 20 bits, y muestreos de 32, 44.1, 48 y 50 KHz. Tiene dos salidas independientes para el audio digital balanceado a 110  $\Omega$  y 4 salidas para la misma señal tipo coaxial BNC desbalanceado a 75  $\Omega$ , por lo que tenemos en total 6 salidas estéreo.

Un detalle que tiene es la necesidad de una señal externa de referencia para el muestreo AES, que para serle proporcionada, hay que adquirir un módulo extra llamado DAR-6880, que produce esta señal, además de tono de 1KHz. para realizar los ajustes necesarios en la etapa de audio.

Existen otros módulos, que no son indispensables para nosotros, pero que nos pueden ser útiles, como un módulo generador digital de señales de video de prueba(VTG-6801) y un routing switcher también digital, con 4 entradas por 1 salida(VSR-4041).

Todos estos módulos y otros más disponibles se colocan en un chasis para cuatro de ellos denominado FR-7001 Multifunction Digital Frame, o un chasis para 10 módulos denominado FR-6804 Digital Glue; ambos con su fuente de poder incluida.

El diagrama de conexiones de estos módulos, así como el flujo de señales, se muestra en la figura 7.5.

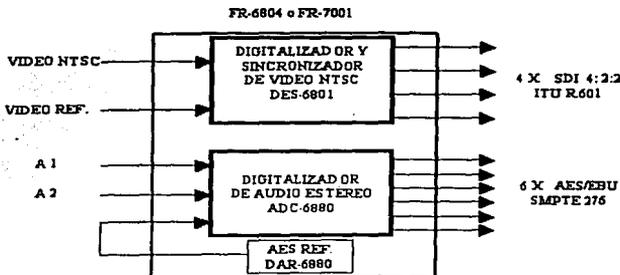


Figura 7.5.- sistema digitalizador de video y audio.

**El distribuidor de señal digital MPEG-2.**

Como se describió en el punto correspondiente al codificador MPEG-2, tiene solo 2 salidas disponibles, pero como se tiene la necesidad de monitorear esta señal para el control de calidad, son necesarias por lo menos 3 señales tipo SMPTE 310M. Por tal razón es necesario adquirir un distribuidor digital, para que con una señal de entrada, tener por lo menos las tres señales indispensables.

Un equipo que cumple con esta función es el llamado **DDA-104MPEG Distribution Amplifier**, fabricado por la empresa Videotek. Este aparato está diseñado para distribuir señales digitales con el formato MPEG-2, con velocidades desde 19.39 hasta 270 Mbps, compatible con DVB y ATSC, dispone de 4 salidas independientes y cuenta con equalización de señal para una longitud de cable en la entrada de hasta 300 mts a 270 Mbps.

En la figura 7.6 se muestra un diagrama, con las entradas y salidas necesarias.

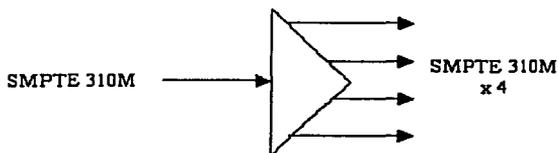


Figura 7.6.- Distribuidor de señal SMPTE 310M.

**7.2.3.- Monitoreo de la señal de televisión digital.**

Uno de los equipos más importantes de monitoreo de la señal de televisión digital es el que analiza la señal MPEG-2 bajo la norma SMPTE 310M, en este caso, la empresa Rhode & Schwarz fabrica uno con la denominación **DVMD MPEG-2 Measurement & Decoder**, cuyas conexiones al sistema se ilustran en la figura 7.7:

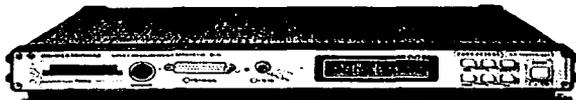
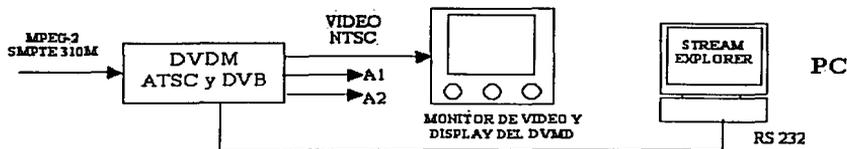


Figura 7.7.- Diagrama de conexiones y figura del DVMD MPEG-2 M & D.

El DVMD es para la señal MPEG-2 el equivalente del Monitor de forma de onda y Vectorscopio para la señal NTSC, realiza las siguientes funciones:

- Analiza y decodifica la señal MPEG-2, nos indica en tiempo real la ocurrencia de errores, así como en que paquete ocurren (video, audio, PSIP, etc.).
- Nos indica la existencia o no de todos los paquetes elementales de la señal bajo el formato SMPTE 310M.
- Nos muestra estadísticas y el historial de todos los errores que han ocurrido en un lapso definido, la cantidad, en que momento y paquete ocurrieron, almacena hasta 1000 errores.
- Decodifica y nos da una salida de video y audio analógicos, al mismo tiempo, el monitor de video se utiliza como interfase y display del aparato, en la pantalla se muestran los diferentes menús con los que nos presenta la información acerca de la señal.
- Tiene una entrada serie BNC y una entrada en paralelo de 25 pines.
- Para las normas ATSC y DVB, tanto terrestre, como CATV y satelital.
- El DVMD, junto con el software STREAM EXPLORER DVMD-B1, de la misma empresa (y una PC), tienen un mecanismo de disparo, por el cual se pueden congelar hasta 2 Mbits de la señal MPEG-2 cuando ocurre un error, antes y después de su ocurrencia. La información se transfiere a la PC por medio de una interfase serie RS 232. En la computadora se realiza un análisis más profundo del error, como en que paquete, stream, Byte, bit e instante en que ocurre.

Además de realizar el análisis completo del stream congelado, con el Stream Explorer se tienen las mismas funciones que con solo el DVMD, en tiempo real, pero con la ventaja de que puede ser de manera remota y con presentaciones gráficas de los parámetros de la señal MPEG-2.

En resumen, este aparato forma parte del control de calidad de todo el sistema digital de transmisión, previo a la modulación 8VSB, siendo útil en el análisis del contenido total de la señal MPEG-2, si contiene uno o más "canales" de TV, que datos auxiliares tiene, la ocurrencia de errores, en que paquete e instante ocurren, etc.

#### **Analizador de la calidad de video digital: DVQ Digital Video Quality Analyzer**

Como sabemos, el digitalizar una señal de video analógica implica cierta pérdida de la calidad, aunque la norma ITU R.601 establece los requisitos para que esta pérdida sea imperceptible al televidente, al tener la necesidad de comprimirla para disminuir el flujo de bits y establecer la norma de compresión MPEG-2, la degradación de la señal de video puede ya ser detectada por el ojo humano. La calidad del video comprimido varía según la variación del video.

En caso de transmitir por el canal solo las señales correspondientes al video, audio y datos auxiliares indispensables en un ancho de banda y flujo de bits preestablecidos, la calidad de la señal de video variará de acuerdo a la cantidad de información núcleo (no redundante ni irrelevante) que contenga, por lo que no tenemos forma de controlarla por no haber parámetros ajustables.

Si además de enviar los componentes indispensables anteriores por el canal, se envían los datos referentes a los servicios adicionales explicados en el capítulo anterior, o si se adopta la tendencia de enviar canales adicionales de TV en un mismo "Transport Stream" (TS) de 19.39 Mbps establecido por la norma SMPTE 310M, la degradación o pérdida de calidad del video será mayor debido a que se tiene que comprimir aún más la señal de video y audio de cada canal de TV enviado para que "quepan" todos en el mismo TS, resultando esto inaceptable para el televidente.

Aunque el establecer la calidad de video es hasta cierto punto subjetivo, dependiendo de la persona que lo ve, se pueden establecer criterios que nos permitan definir una imagen como excelente,

buena, regular, aceptable o mala; dependiendo del nivel de degradación que tenga con respecto a la original.

Un método de medición de la calidad del video es el llamado DSCQS( Double Stimulus Continuous Quality Scale ) basado en la comparación directa entre la señal MPEG-2 y su original bajo la norma ITU R.601, lo que nos da una medición exacta de la diferencia( pérdida ) de la primera con respecto a la segunda. Este método de medición es útil para trabajos off-line, cuando puede repetirse la compresión para cambiar algún parámetro que nos permita mejorar la calidad en los puntos en que no es suficiente. Sin embargo, cuando no es posible disponer de la señal original sin comprimir, o si no es posible modificar o eliminar alguna de las señales, como en nuestro caso de transmisión al aire, se tiene otro método de medición de la calidad llamado SSCQE( Single Stimulus Continuous Quality Evaluation ), en el cual solo es necesaria la señal MPEG-2.

En el segundo método la medición de la calidad del video se obtiene indirectamente, midiendo la Actividad Temporal( TA ) y la Actividad Espacial( SA ) de la señal, esto es, se mide la cantidad de información núcleo del video, como ejemplo diremos que una transmisión deportiva tiene más TA y SA que una clase en salón, lo que implicará menor calidad del video en la transmisión deportiva. La medición de la TA y SA por medio de aparatos nos permite "medir" la calidad de la imagen y expresarla en números o gráficamente.

Un equipo diseñado especialmente para medir la calidad de una señal MPEG-2, tanto con el método DSCQS, como con el SSCQE, es el DVQ Digital Video Quality Analyzer, fabricado por Rhode & Schwarz, cuyo diagrama de conexiones y figura se muestran a continuación:

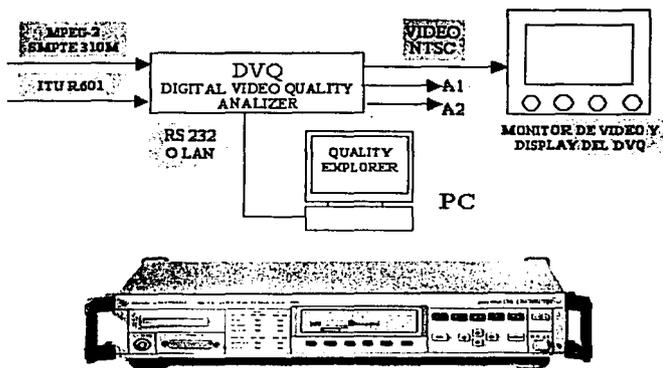


Figura 7.8.- Diagrama de conexiones y figura del DVQ de R & S.

El método SSCQE se lleva a cabo en este equipo midiendo la diferencia entre los pixeles adyacentes entre un bloque y otro, a los cuales les fue aplicada la DCT, basándose en el hecho de que en una imagen comprimida, la diferencia entre pixeles adyacentes en un bloque es menor que la diferencia entre pixeles adyacentes de bloques diferentes, si esta diferencia rebasa un límite establecido por el personal de control de calidad, cae dentro del rango de control de calidad del

aparato, dándosele una calificación entre 100( excelente ) y 0( mala), en el monitor de video la disminución de calidad se refleja en el aumento del Bloqueo o Blocking en inglés.

La medición de la calidad se expresa en tiempo real a través de un número o una gráfica en el monitor de video, que funciona también como interfase al usuario del DVQ, que además de este análisis, nos da muchas más lecturas, como:

- Se detectan fallas de video y sonido de cada señal, en el caso de transmisión multicanal.
- Todos los eventos se graban en tiempo real para generar un reporte que puede ser leído posteriormente, anotándose tipo de evento, momento de ocurrencia, duración, programa en que ocurre, etc.
- Se genera un reporte para cada programa.
- El programa que está siendo analizado se decodifica para que pueda ser monitoreado en video y audio, funcionando el monitor como interfase del usuario.
- Se puede programar para que escaneé cada programa en un período determinado.
- Genera señales de alarma externas para indicar las fallas en la señal.
- Tiene 32 MB de memoria, en la que se pueden grabar de 5 a 10 segundos de un programa, y por medio de una interfase RS 232 o LAN, una PC y el software Quality Explorer, realizar un análisis exhaustivo del mismo bloque a bloque, obteniendo los coeficientes, vectores de movimiento, etc., para determinar el funcionamiento del codificador. Se pueden realizar todas las tareas anteriores a control remoto y presentar los resultados de forma más amigable al usuario.

### **El analizador de señales ATSC / 8VSB, EFA model 50 / 53.**

Los equipos anteriormente descritos( DVMD y DVQ ) son útiles para el análisis de la señal digital comprimida en la forma MPEG-2, con la interfase SMPTE 310M, pero en la cadena de transmisión digital falta monitorear la etapa final, cuando la señal ingresa al equipo transmisor. Dentro del transmisor, la señal MPEG-2 es sometida a procesos muy importantes para ser enviada al receptor doméstico; los primeros procesos se realizan cuando la señal todavía es digital, como son la codificación Reed-Solomon y la codificación Trellis, explicadas en el capítulo anterior. Los siguientes procesos son ya analógicos, la modulación 8VSB, la conversión de banda base al canal asignado, amplificación y transmisión propiamente dicha.

Los procesos digitales y analógicos, todos llevados a cabo dentro del equipo transmisor, necesitan de un estricto control de calidad para minimizar los errores que ocurran en las etapas digital y analógica, de modo que el STB reciba la señal 8VSB lo más apegada posible a la norma ATSC y pueda demodularla correctamente.

Aunque la transmisión propiamente dicha es análoga( modulación AM en banda vestigial ), como la información transmitida es digital, es necesario un equipo especial que nos proporcione información acerca del correcto funcionamiento de las dos etapas. Un aparato especialmente diseñado para el análisis de la transmisión 8VSB es el EFA Test Receiver, Model 50 / 53. Fabricado por Rhode & Schwarz, que nos permite el análisis de la señal tanto analógica como digital, cuyo diagrama de conexiones y figura se muestran en la figura 7-9.

Este equipo es el único necesario para el análisis completo de la señal 8VSB, debido a que sintoniza, demodula y decodifica la señal SMPTE 310M, presentando las características de las mismas como:

-- La gráfica del espectro que ocupa la señal, pudiendo presentarse en un ancho de banda de 6 u 8 MHz ( con un filtro saw adicional ), para ver si nuestra señal se sale del canal de 6 MHz asignados y poder corregir esto; se puede observar y medir el nivel de la portadora piloto y su relación con el resto de la señal

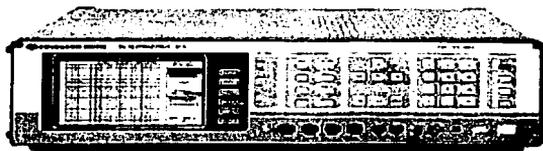
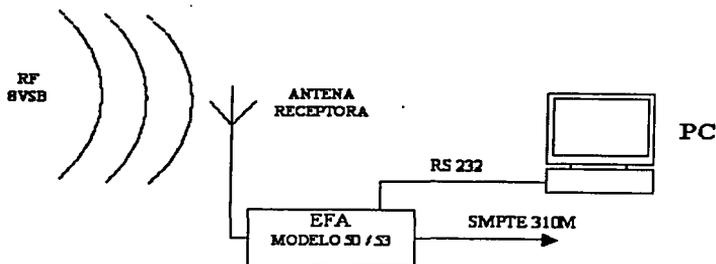


Figura 7.9.- Conexiones y figura del EFA Model 50 / 53 Test Receiver, de R & S.

--Presenta un diagrama llamado de constelación, donde podemos ver la ubicación de los 8 diferentes niveles que tiene la señal modulada, con este diagrama podemos ver si los niveles tienen el valor adecuado y corregir alguna diferencia existente. Esta es la gráfica más importante, un poco parecida a la que presenta el Vectorscopio para la señal NTSC en banda base. El diagrama de constelación puede presentar hasta 999,999,999 de símbolos, con lo que podemos observar el comportamiento promedio de nuestro modulador.

--Nos presenta una gráfica de la señal en fase / amplitud / frecuencia, con lo que podemos medir el comportamiento del transmisor en fase, frecuencia y retardo de grupo y corregir los errores que pueda tener.

--Presenta una gráfica de las señales "fantasma" que pudieran existir, provocadas por edificios y otros reflejos, la presentación se hace en relación a la señal principal y a que distancia se encuentra al objeto reflejante.

--Nos muestra los errores que tiene la señal decodificada, antes y después de la codificación Reed Solomon, y los errores que tenga la señal MPEG-2 propiamente dicha, en forma de tasa por tiempo( bit-rate ).

--Nos presenta el histograma de las diferentes características de la señal en el tiempo( hasta 1000 días ), tales como nivel promedio, errores ocurridos a la señal 8VSB y demodulada, en forma gráfica y numérica.

--Nos presenta señales de alarma para los diferentes errores que tenga la señal.

Con las funciones anteriores y otras adicionales, se tiene un análisis completo de la señal 8VSB y la decodificada MPEG-2, para optimizar la calidad de nuestra transmisión. Como una función extra, la señal decodificada puede analizarse con el DVMD y el DVQ para determinar la calidad total de nuestra transmisión digital.

### 7.2.4.- Set-top Box para la recepción de TV digital.

El Set-top Box ( STB ) es la última parte de la cadena de transmisión digital de televisión, por lo tanto, le corresponde comprarla y operarla al televidente, tiene como función sintonizar el canal de televisión deseado, en nuestro caso el 60 de la banda de UHF, por el que transmitiremos.

En la primera etapa de la televisión digital son necesarias las STB porque los televisores analógicos actuales, aunque si pueden sintonizar el canal y obtener la señal 8VSB en RF(746 - 752 MHz ), son incapaces de demodularla y menos de decodificar la señal MPEG-2, para obtener el video y audio NTSC. La STB cumple con la función de sintonizar el canal, demodular la señal 8VSB y decodificar la señal MPEG-2 para obtener el video y audio analógicos, pero como la gran mayoría de los televisores actuales no tienen entradas para audio y video en banda base, la STB también debe tener la opción de modular el video y audio para que quede en el canal 3 o 4 de VHF, como lo hacen las videograbadoras y los STB de multivisión y cablevisión actuales, de esta manera el televisor actual puede recibir la señal del STB. Lo ideal es que el televisor utilizado para recibir la señal del STB tenga entradas de video y audio en banda base, para aprovechar la mejora en calidad de la imagen, porque si es necesario volver a trasladar estas señales a los canales 3 o 4 se perdería casi toda la ganancia en cuanto a calidad de la señal digital.

Como ya mencionamos, al televidente le corresponde comprar la STB, pero en nuestro caso, como debemos hacer mediciones de campo para saber hasta donde llega nuestra señal, es necesario adquirir una, aunque no necesariamente con el modulador de canal 3 o 4 integrado, porque los monitores que utilizaremos tienen entradas para video y audio en banda base.

Un receptor de televisión digital que nos puede servir de STB es el Zenith Integrated Receiver / Decoder Mod # DTVIRD, que puede sintonizar los canales del 2 al 13 de VHF y 14 al 69 de UHF, banda en que queda incluido el canal 60, la entrada de antena es del tipo "F", mientras que las salidas son RCA para el video y audio estéreo, teniendo salida también para video en componentes, puede decodificar todos los formatos de 8VSB actuales. En la figura 7.10 se muestra el esquema del lugar que ocupa el STB en la cadena.

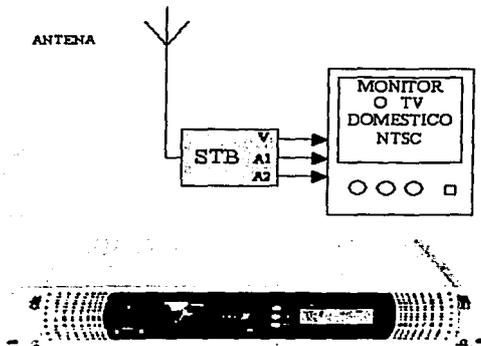


Figura 7.10.- Esquema de la recepción de TV digital, así como una figura del STB.

Los equipos propuestos en este punto no son los únicos que existen en el mercado, pero si son obtenibles a través de distribuidores en México y con garantía, con ellos tenemos la cadena de transmisión digital de TV completa, incluyendo el equipo necesario de control de calidad, tan importante en transmisiones profesionales.

En la figura 7-11 se muestra el diagrama con la interconexión de todos los equipos, aunque no se muestran todas las señales que entran o salen de ellos para hacerlo lo más sencillo posible. Los números que se encuentran en la línea de señal que sale de un aparato y se dirige hacia otro, corresponden al lugar que ocupan en la tira de patcheo, se colocan ahí para poder manipular el camino que siguen durante las pruebas de funcionamiento o si es necesario enviar la señal hacia otro punto para alguna prueba y no desconectar el cable directamente del equipo.

Las tiras de patcheo o conexiones de video y audio mencionadas, con las señales que entran y salen de los aparatos a ellas conectados, se muestran en la figura 7-12.

### **Set-top Box para recepción domestica.**

Para acceder al servicio de televisión digital, el usuario ya no debe acceder a dispositivos especiales ni a antenas externas. El receptor que permite la recepción de DTV, puede conectarse al televisor analógico normal, y la Caja Negra o Set Top Box es el dispositivo que permite todo el proceso de traslado de imagen analógica a digital.

Uno de los factores más importantes en la Televisión Digital (DTV) ha sido solucionado. Si para la recepción de señal analógica terrestre debemos instalar una antena, un receptor y, obviamente, un televisor, ahora para permitir la recepción de DTV sólo debemos enlazar a nuestro equipo un pequeño dispositivo conocido como Set Top Box (o Caja Negra).

En realidad NO existen TV Digitales en sí. Los pocos televisores digitales que se venden (a parte de los televisores con tecnología de tratamiento de imagen digital) son sólo aparatos que integran dentro de su carcasa un receptor/decodificador digital. En cualquier caso, debemos recordar que la ATSC se refiere al sistema de emisión y recepción, lo que atañe a cómo se envía la señal, pero no a cómo se visualiza.

### **La función de estos dispositivos**

Las cajas negras, lo único que hacen es decodificar una señal digital a una compatible con la visualización normal.

La TV analógica permite sólo ver y oír programas televisivos, a la vez que, como valor añadido, podemos "navegar" por un atávico menú de texto (el teletexto). La TV digital, además de eso, permite infinidad de cosas más: navegación por la Web, correo electrónico, comercio electrónico, videoconferencia... Son muchos los servicios que la DTV puede ofrecer al usuario, pero estos sólo estarán disponibles si las empresas de creación de contenidos son capaces de ofrecerlos.

Entre los muchos servicios, algunos serán de fácil implantación, como la bidireccionalidad en las comunicaciones e interactividad entre el presentador de un programa y el "concurante" en su casa.

**Set Top Box**

La STB es el terminal receptor que hay que instalar en los hogares para la recepción de TDT. En este aspecto son fundamentales los foros DIGITAG (Digital Terrestrial Action Group) y VALIDATE. DIGITAG evalúa las características que debe cumplir el receptor del usuario. VALIDATE es el grupo de trabajo que valida todas las experiencias de Televisión Digital Terrestre, en cuanto a la compatibilidad de los equipos de diferentes fabricantes.

A continuación se indican los elementos que forman el equipo receptor o STB.

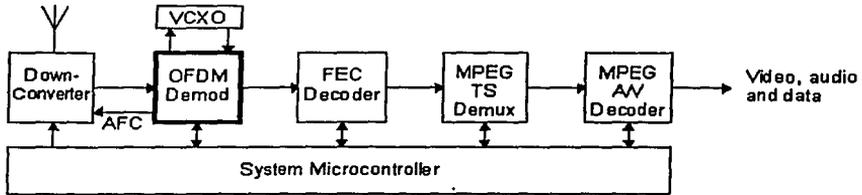


Tabla 1. Costo del receptor en relación a la calidad del dispositivo y los nuevos servicios

Características	Descripción	Estándar de Video
STB (sin dispositivo de imagen)	Set Top Box (sin dispositivo de imagen). La imagen podría mejorarse substancialmente en relación a la imagen analógica pero limitada por el interfaz que lo une a la TV analógica empleada como dispositivo de imagen.	MPEG-2 MP@ML
4:3	TV integrada con CRT convencional. La imagen se mejora substancialmente en relación a la imagen analógica (ancho de banda horizontal, no cross-colour/luminance). La popularidad aumentará cuando la diferencia de precio con el televisor analógico desaparezca y la finalización de la transmisión en analógico esté cerca.	MPEG-2 MP@ML
16:9	Como 4:3. Esta es la solución más rentable para visualizar todo sin compromiso. Potencialmente podría ser el receptor del <i>mainstream</i> de televisión digital	MPEG-2 MP@ML
16:9 avanzado	Como 16:9 pero mejorado con procesamiento de señal. Los avances en procesamiento de señal digital junto con el bajo precio de los <i>chips</i> permitirán impresionantes mejoras en la imagen	MPEG-2 MP@ML
16:9 de alta definición	Televisores capaces de representar 720 líneas y más. Se requiere un coste adicional considerable para tener una diferencia apreciable en la calidad de imagen en comparación con 16:9 avanzado	MPEG-2 MP@HL

*Tabla 2. Algunas opciones del receptor en función de nuevos servicios y procesado de información avanzado.*

<b>Características</b>	<b>Descripción</b>
Básico	Receptor estándar con Guía Electrónica de Programación (EPG, Electronic Programation Guide) sencilla
Tv de pago (Pay-TV)	Como la anterior + apoyo para Acceso Condicionado (incluido canal de retorno a través de la RTC), EPG enriquecida (Pago por Evento más conocido como Pay Per View)
Tv de pago + servicios interactivos básicos	Como la anterior + navegación por información, tele compra, etc.
Tv de pago + servicios interactivos ampliados	Como la anterior + juegos, almacenamiento local (por ejemplo en disco duro) para recuperar datos por la noche y almacenar <i>plug-in's</i>

*Tabla 3 Estándares ATSC y DVB en relación a la calidad de imagen*

<b>Características</b>	<b>Descripción del estándar requerido</b>	<b>ATSC</b>	<b>DVB / UK-DTG</b>
4:3, 16:9 y 16:9 avanzado	Compresión de video digital con definición estándar	A/53	ETR 154
16:9 de alta definición	Compresión de video digital con alta definición	A/53	ETR 154 (HD not applicable in the UK)

*Tabla 4 Estándares ATSC y DVB en relación los servicios*

<b>Características</b>	<b>Descripción del estándar requerido</b>	<b>ATSC</b>	<b>DVB / UK-DTG</b>
Básica	Codificación de canal y modulación	A/53	ETS 300 744
	Mega Frame para redes de frecuencia única (SFN)	-	TS 101 191 (not applicable in the UK)
	Información de servicio/programa para soportar EPG	A/65	ETS 300 468
	Subtitulado	A/53	ETS 300 743
TV de pago	Método de acceso condicional para codificar el A/V stream	A/53	ETR 289
	Interfaz para añadir acceso condicional a un receptor genérico	A/53	EN 50221
	Encriptación simultánea que soporte una población receptora con múltiples sistemas CA	A/53	TS 101 197

Servicios interactivos básicos	Protocolos de difusión de datos para la transmisión de datos genéricos sobre redes de difusión	A/53	EN 301 192
	Protocolos de red independientes para protocolos de servicios interactivos para la transmisión de datos genéricos sobre redes bidireccionales como la RTC	A/53	ETS 300 802
	Canal de interacción a través de RTC o RDSI	A/53	ETS 300 801
	Aplicaciones interactivas básicas y codificación de objetos multimedia e hipermidia	A/53	MHEG-5 (still under discussion in DVB)
Servicios interactivos ampliados	API	A/53	Bajo discusión

Algunos Proveedores De STBs:

- General Instrument
- LG Electronics
- Microsoft
- Panasonic
- Samsung
- Philips
- Scientific-Atlanta
- Thomson Consumer Electronics
- Zenith Electronics

Los diseños de STB continúan agregando nuevas funcionalidades y encontrando maneras de reducir costos. Uno de los logros es el desarrollo de una plataforma avanzada que permite la difusión de video a la carta (DVD) y otras aplicaciones, mediante ATSC terrestre, y representa un avance en la convergencia de los receptores de los hogares. El desarrollo de STBs avanzadas, permite soluciones de bajo costo y fácil uso de DVD, TELEVISIÓN digital interactiva (con funciones de teletexto más avanzadas), y aplicaciones MPEG-2 tales como PPV (Pay Per View o pago por visión) y video bajo demanda, proporcionando nuevos niveles de interacción.

Costo y Financiación de la STB:

El costo de la STB será similar al de otros países que ya cuentan con DTV. Uno de los aspectos claves de la penetración en el mercado es la financiación de la STB. Creemos que la STB será totalmente financiada, siendo nulo el costo para el usuario. Esto debe ser así para poder competir con sistemas de DTV por satélite y por cable.



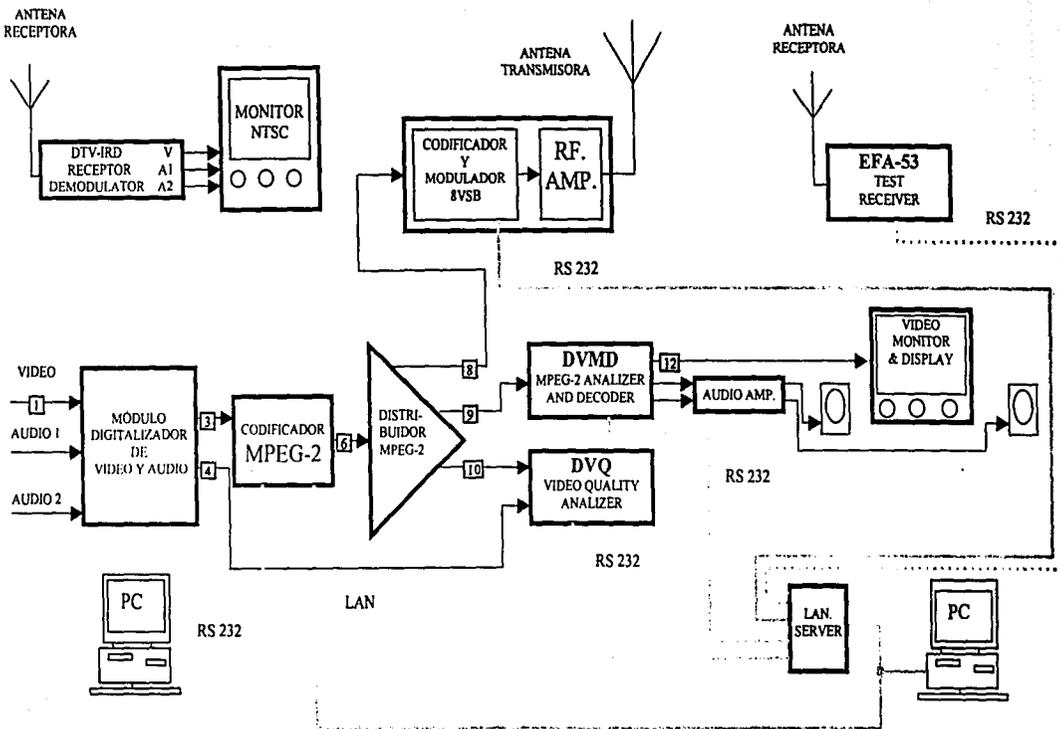
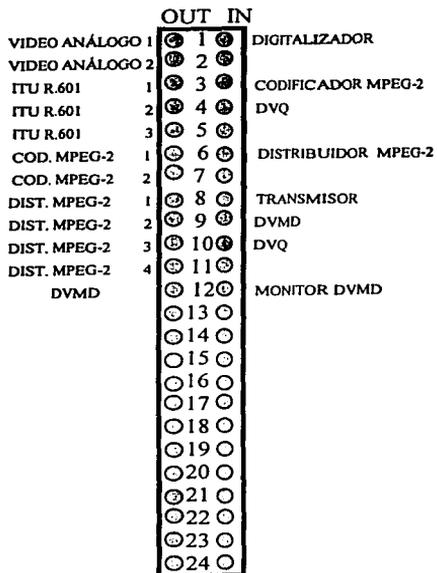


Figura 7.11.- diagrama general de los elementos que componen el sistema de transmisión digital en TV UNAM.

### TIRA DE VIDEO DIGITAL



### TIRA DE AUDIO DIGITAL

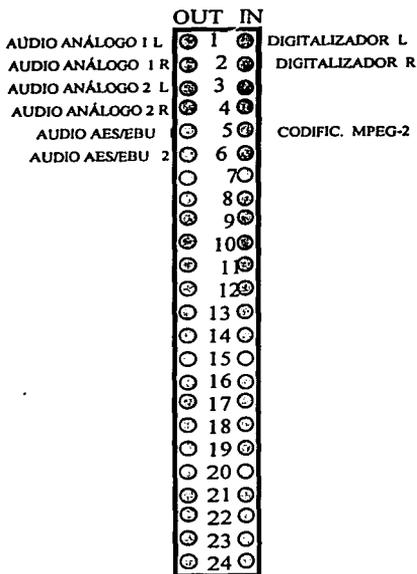


Figura 7.12.- Conexión física en las tiras de patcheo del sistema de transmisión digital.

## CONCLUSIONES.

Como se ve a lo largo del desarrollo de nuestra tesis, el análisis de un canal de televisión, en nuestro caso el análisis del Canal de Televisión de la Universidad Nacional Autónoma de México, se estructuró de tal forma que se puede entender el proceso que es necesario para que el televidente común pueda recibir una señal de televisión.

Este proceso puede verse de la manera siguiente:

Hablando desde el punto de vista de la ingeniería, primero tenemos que conocer como está compuesta una señal de video, entender sus parámetros y características, segundo, debemos plantearnos la forma en como generar esta señal de video, es decir conocer las herramientas o transductores, que nos permitirán plasmar una escena en vivo en una señal de video, tercero, una vez que tenemos nuestra señal de video (y audio) surge la cuestión de poder almacenar de forma permanente nuestra señal de video (y audio), en esta parte del proceso debemos conocer los sistemas que nos permiten realizar esto. Una vez que se ha entendido lo anterior, debemos conocer las partes vitales de un canal de televisión, es decir su infraestructura, esto engloba distintos recursos, todos ellos encaminados a transmitir nuestra señal de televisión la cual esta compuesta por video y audio.

La primera conclusión a la que llegamos es que los principales sistemas de transmisión de televisión a color (NTSC, PAL y SECAM), aunque cuando surgieron significaron una ingeniosa y espectacular solución tecnológica; en la actualidad resultan ya obsoletos porque el desarrollo tecnológico nos permite obtener video y audio de mejor calidad que en los años 50's del siglo pasado, desde la toma de imagen, hasta la postproducción y almacenamiento.

Pero era indispensable hacer este análisis, ya que, a pesar de que la televisión universitaria tiene más de 20 años de existir, no existía un análisis de TVUNAM desde el punto de vista de ingeniería, por lo cual la importancia de sentar las bases sobre las que se apoya un canal de televisión que si bien como ya lo mencionamos en estos tiempos algunas de ellas resultan obsoletas o poco practicas es importante entenderlas y conocerlas porque por ellas es que ahora es posible la digitalización y realización de sistemas con niveles de desempeño más óptimos.

Quizás la parte más importante de un canal de televisión, es la transmisión de la señal, ya que uno de los objetivos es el que los contenidos producidos (educativos, documentales, informativos, etc.) lleguen a cierto auditorio para el cual, dichos contenidos fueron creados. Por eso esta parte del proceso es de suma importancia. Además de que la Universidad Nacional Autónoma de México, contara con su canal de televisión abierta, solo en CU, pero quizás algún día la cobertura del canal permita llegar a todo el valle de México.

Hasta aquí el proceso de análisis de un canal de televisión, podría darse por concluido, pero en el campo de la televisión al igual que en otros campos de la ingeniería, cada día se presentan nuevos procedimientos, mejores herramientas y avances tecnológicos. Hablando concretamente del campo de la televisión, este no puede quedar rezagado ante tales avances, debido al papel y potencial tan importante que juega la televisión en una sociedad. Por ello en nuestro análisis abordamos los principios básicos de la televisión digital, aspectos generales, estándares, tratamiento que se le da a la señal analógica, todo ello enfocado a su transmisión en formato digital, lo cual sería una extensión a nuestro proceso explicado anteriormente referente al proceso de analizar un canal de TV. Frente a todo lo anterior nuestro análisis no estaría completo sin antes realizar una propuesta de equipamiento para la transición de TV análoga a TV digital.

Al haber realizado el análisis de la transmisión de TV terrestre o abierta observamos que tanto para la transmisión analógica y digital la única parte de la cadena televisiva que permanece sin cambio es la transmisión y recepción de la señal, convirtiéndose esto en un "Cuello de botella" para el salto definitivo hacia una televisión de mayor calidad.

Lo cual fundamenta aun más nuestro análisis, ya que, sin un entendimiento y comprensión adecuada de los conceptos básicos de la TV es muy difícil hacer una transición hacia tecnología digital, porque, para entender su funcionamiento primero tenemos que saber como funciona su equivalente analógico.

Llegando con el análisis anterior a proponer un posible escenario de equipamiento para la digitalización de la etapa de transmisión de la señal de TV, así como adoptando un estándar ATSC para la transmisión de la misma, esto basado en su desempeño y características de operación, aunque cabe señalar que como se trata de un canal de TV digital experimental lo ideal sería contar con equipo de transmisión ATSC y DVB-T, pero como es sabido esto es muy difícil por el alto costo que representa la adquisición de equipos. Cabe mencionar que la propuesta de equipamiento se hizo bajo los estándares mencionados por ATSC. La propuesta fue realizada después de hacer un análisis entre distintos proveedores de equipo los cuales dieron demostraciones de los mismos.

Dicha propuesta consistió en lo siguiente, tomando en cuenta como ya se menciona la infraestructura con la que cuenta el canal de TV de la Universidad Nacional Autónoma de México.

- TRANSMISOR UHF ROHDE & SCHWARZ (NV 7021), UHF Transmisor Familia NH/NV 7001
- Un codificador MPEG-2 diseñado especialmente para transmisión terrestre bajo la norma ATSC es el llamado UNICODER SD, (Tektronix)
- El distribuidor de señal digital MPEG-2. DDA- 104MPEG Distribution Amplifier, (ROHDE & Schwarz)
- Monitoreo de la señal de televisión digital. DVMD MPEG-2 Measurement & Decoder (ROHDE & Schwarz)
- Analizador de la calidad de video digital: DVQ Digital Video Quality Analyzer (ROHDE & Schwarz)
- El analizador de señales ATSC / 8VSB, EFA model 50 / 53. (ROHDE & Schwarz)
- Set-top Box Zenith Integrated Receiver / Decoder Mod # DTVIRD

De manera general, los objetivos fueron cumplidos satisfactoriamente, ya que como se menciono anteriormente se realizo un análisis primero de los sistemas de televisión que existen, segundo se realizo un análisis de la infraestructura con la que cuenta TVUNAM, tercero se hizo un análisis de TV digital y su transición hacia la misma y por ultimo y tal ves lo más importante como ya se menciona en párrafos anteriores es la propuesta de digitalización para transmisión de televisión digital terrestre o abierta. Con lo anterior se llega a la conclusión de que se contribuyo en el desarrollo del proyecto de digitalización que existe en TV UNAM.

Nuestra Universidad está en un cambio continuo al igual que el mundo donde vivimos y nos desarrollamos, por ello la Universidad lo demuestra, ya que será la primera universidad que transmita señal de televisión en formato digital, con fines de formación y experimentación para los profesionistas e investigadores, para reafirmar la razón de ser y de existir de TV UNAM: la de ser un instrumento para alcanzar los objetivos que tiene la Universidad con su comunidad y con el país.

---

## BIBLIOGRAFIA

- "Televisión práctica y sistemas de video", Grob, Bernard.  
Alfaomega-Marcombo, México D.F., 1995
- "Sistemas de Televisión Clásicos y avanzados", Bethencourt Machado, Tomás.  
Centro de formación RTVE, Madrid, España, 1991
- "Televisión a colores, Teoría y aplicación", Sola Venzor, Pedro.  
CECSA, México D.F., 1970
- "Teoría de la televisión en color", H. Hutson, Geoffrey.  
Marcombo, Barcelona, España,
- "Sistemas de grabación magnética de video", Martin Marcos, Alfonso.  
Ediciones Aura, Barcelona España,
- "Ampex, Service Manual; Mod: VPR-6", Ampex Corporation.  
Redwood City, California, U.S.A., 1985
- "Sony, Service Manual; Mod: PVW-2800", Sony Corporation.  
Tokio, Japón, 1991
- "Digital and analog communication systems", W. Couch, Leon II.  
Prentice Hall,
- "The mobile communications handbook", D. Gibson, Jerry.  
IEEE press and CRC press,
- "Antenas", Cardama Aznar, Angel.  
Universidad Politécnica de Catalunya, Barcelona, España, 1994
- "Video digital", Watkinson, John.  
Paraninfo, Madrid, España, 1996
- "Antennas and propagation for wireless communication systems", R. Saunders, Simon  
J. Wiley, Nueva York, 1999
- "Transmission lines and wave propagation", C. Magnusson, Philip  
CRC, Boca Ratón, Florida, U. S. A., 2001
- "Saturno Routing Switcher, Service Manual". Philips

El proyecto de contar con un canal de televisión analógico y digital, para propósitos de experimentación y el de una televisora con enfoque totalmente educativo, puede servir para el desarrollo de otros proyectos interesantes en este campo de la TV, además de que la universidad formaría profesionistas en este campo. Donde se requerirá gente con los conocimientos de estas tecnologías.

Además, de que esperamos que este trabajo de tesis forme parte de una "escalera" para mas investigaciones sobre la televisión digital en la UNAM, dejando aquí el precedente de lo que es y con lo que cuenta el canal de televisión de la Universidad Nacional Autónoma de México.

**Páginas de internet consultadas:**

<http://www.atscforum.org/standards.html>

<http://www.atscforum.org/documents.html>

<http://www.dvb.org>

[http://www.rohde-schwarz.com/www/dev\\_center.nsf/html/sv7000frame](http://www.rohde-schwarz.com/www/dev_center.nsf/html/sv7000frame)

[http://www.rohde-schwarz.com/www/dev\\_center.nsf/html/nav](http://www.rohde-schwarz.com/www/dev_center.nsf/html/nav), 10, 11, 114, 1143

[http://www.broadcast.harris.com/product\\_portfolio/product\\_details.asp?sku=WWWFLEXICODER](http://www.broadcast.harris.com/product_portfolio/product_details.asp?sku=WWWFLEXICODER)

[http://www.sct.gob.mx/mareo\\_juridico/normas/norma\\_oficial\\_mexicana\\_de\\_televisi3n](http://www.sct.gob.mx/mareo_juridico/normas/norma_oficial_mexicana_de_televisi3n)

<http://www.leitch.com/custserv/products.nsf/MDPForm?OpenForm>

<http://www.videotek.com/pdf/dascat.pdf>