



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

**FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES
ARAGÓN**

**PRUEBAS DE LA SEÑAL DE VIDEO EN EL
CINESCOPIO DE UN TELEVISOR**

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE
INGENIERO MECÁNICO ELECTRICISTA

P R E S E N T A :

JHONATTAN MIRELES RIVERA

ASESOR:
ING. ELEAZAR MARGARITO PINEDA DÍAZ



MÉXICO 2012



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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

ÍNDICE

INTRODUCCIÓN	I
TEMA 1. GENERALIDADES	1
1.1 Características del ojo humano.....	2
1.2 El espectro electromagnético para la luz.....	4
1.3 Canales de difusión de televisión.....	10
1.4 Ancho de banda estándar para la televisión.....	14
1.5 Estándares de transmisión de televisión.....	18
1.6 La televisión.....	21
TEMA 2. EL CINESCOPIO	25
2.1 Construcción.....	26
2.2 Alta tensión anódica.....	30
2.3 Fósforos de pantalla.....	32
2.4 Cañón electrónico.....	35
2.5 Enfoque electrostático.....	37
2.6 Deflexión magnética.....	41
2.7 Cinescopio tricolor.....	46
2.8 Mascara reguladora o de sombra.....	49



UNAM
FES Aragón

Pruebas de la Señal de Video en
el Cinescopio de un Televisor

2.9	Métodos de enmascaramiento del fósforo.....	52
2.10	Precauciones con el cinescopio.....	54
2.11	Problemas con los cinescopios.....	56

TEMA 3. LA IMAGEN EN EL CINESCOPIO.....62

3.1	La imagen en el cinescopio.....	63
3.2	Barrido horizontal y vertical.....	64
3.3	Información de la señal de video.....	66
3.4	Frecuencias de cuadro y de campo.....	69
3.5	Frecuencias de barrido horizontal y vertical.....	69
3.6	Sincronización horizontal y vertical.....	72
3.7	Borrados horizontal y vertical.....	72
3.8	La señal de color de 3.58 MHz.....	73
3.9	Propiedad de la imagen	74
3.10	Matriz de combinación de colores YIQ.....	78
3.11	Forma de onda diente de sierra para el barrido lineal.....	80
3.12	Normas.....	88

TEMA 4. LA SEÑAL DE VIDEO.....90

4.1	Construcción.....	92
4.2	Amplitud de la señal de video	95
4.3	Tiempo de borrado horizontal	97
4.4	Tiempo de borrado vertical	100
4.5	Información e imagen del video.....	102
4.6	Formas de onda.....	104
4.7	Frecuencias en la cámara de televisión.....	107
4.8	Elementos de una imagen.....	110
4.9	Componente de corriente continua	112
4.10	El factor gamma	115
4.11	Diferencias entre el video con y sin color.....	116

TEMA 5. PRUEBAS DE LA SEÑAL DE VIDEO	118
5.1 Seguridad.....	119
5.2 Carta de ajuste.....	121
5.3 Pruebas con la carta de ajuste EIA.....	126
5.4 Pruebas para oscilaciones transitorias de la imagen.....	129
5.5 Patrón de prueba cuadrícula.....	130
5.6 Prueba para luminancia y color.....	132
5.7 Prueba de condiciones transitorias.....	138
5.8 Prueba de respuesta en alta frecuencia.....	139
5.9 Prueba para la distorsión de amplitud.....	144
5.10 Señales de prueba en forma de escalera.....	147
5.11 Señales de prueba en el intervalo de borrado vertical.....	149
5.12 Señales de prueba en el intervalo vertical.....	152
5.13 Señal de referencia en el intervalo vertical.....	155
5.14 Señales de comunicación en el intervalo de borrado vertical.....	157
5.15 Ajustes globales de puesta a punto.....	163
CONCLUSIONES	165
BIBLIOGRAFÍA	168

Introducción

La necesidad de tener una imagen en la pantalla del cinescopio de un televisor, lo mas cercana a la que se esta transmitiendo, obliga a buscar un sistema de comunicación a distancia con mejor tecnología y mejorar sus aplicaciones en la diversidad de servicios donde se utiliza, tales como la televisión educativa (tele secundaria), centros de entretenimiento y comerciales o en los receptores de cada hogar. Una imagen borrosa, ausencia de color, figuras delgadas o gruesas, pantallas llenas de estática, etcétera, indudablemente es algo que no ayudaría a realizar una buena comunicación y hasta traería consecuencias catastróficas en ciertos casos, como por ejemplo mostrar imágenes incorrectas o colores distintos en la promoción de algún producto comercial que indudablemente influiría negativamente en la decisión del cliente o consumidor.

Para poder llevar a cabo los ajustes que se requieren, es necesario hacer el análisis de la imagen que aparece en pantalla y el comportamiento de los circuitos que están involucrados en la operación. Al intentar comprender cómo se transmite y se muestra una imagen, se debe de retroceder el tiempo y fijar una tecnología que hoy día esta siendo reemplazada, pero mantiene la base en el sistema de recepción de imagen: la televisión por tubo de rayos catódicos.

Por lo anterior, los objetivos que persigue este trabajo de tesis son:

- 1° Explicar los conceptos que relacionan el mecanismo del ojo humano con las imágenes mostradas en la pantalla del tubo de rayos catódicos.
- 2° Mostrar el funcionamiento de los elementos electrónicos que forman el sistema de transmisión de las imágenes.
- 3° Mostrar algunas situaciones referentes a los posibles ajustes que se pueden realizar en el cinescopio, para una correcta visualización de las imágenes.

A continuación se describe a manera de resumen el contenido de los temas.

- El tema 1 aborda el funcionamiento del sistema fisiológico de la toma de imágenes en el humano, de extrema importancia dado que el ojo es el destinatario final para la actividad de transmisión y recepción de las estas. Además se abordan sus características electromagnéticas, algo vital para el entendimiento de cómo se hace posible la aplicación de la electrónica y la electricidad en la transmisión a distancias.

También se hace el estudio de la televisión como un sistema donde se presenta el funcionamiento sus distintos elementos, en función de lo visto en los temas anteriores.

- En el tema 2 se describe la estructura del cinescopio, con todos sus elementos eléctricos y electrónicos, los parámetros de estos y la función que desempeñan dentro de este sistema. Además se revisa algo de su historia y los distintos tipos de cinescopios que se han construido y dónde se utilizan. De igual forma se ve la manera en que deben manipularse, ya que son piezas en las que se trabaja con voltaje y corriente capaz de causar graves daños al usuario que no tenga el cuidado o la prudencia necesaria para manejar correctamente estos aparatos.
- El tema 3 se enfoca en la explicación de los efectos creados por los elementos electrónicos y eléctricos del cinescopio en su pantalla, es decir, de las imágenes que se visualizan en este. Se analizan los componentes del video, que está involucrado en el proceso de la transmisión de datos visuales. También el modo en que se da la interacción de los efectos de la luz, la electricidad y la electrónica para formación de de imagen.
- En el tema 4 se desarrolla la forma en que aparece la señal de imagen en la pantalla del cinescopio y el estudio de los parámetros eléctricos que permiten visualizarla. También, la construcción de la señal de video y la aplicación o los efectos de esta en la pantalla.
- En el tema 5 se desarrolla el estudio de algunas técnicas aplicadas para el correcto funcionamiento de la recepción y presentación de las imágenes en la pantalla del cinescopio. La forma de abordar el tema es observando los parámetros eléctricos y electrónicos en cada fase del proceso de la obtención de la imagen, de acuerdo a esto es como cada una de las distintas técnicas de prueba para la señal del video se ven involucradas.

El trabajo esta apoyado por múltiples figuras, tablas y graficas que explican a cada uno de los temas para lograr de una manera visual comprender mejor el comportamiento en el proceso de todos los elementos involucrados en el sistema de transmisión, recepción y ajuste de la señal de video.

TEMA 1

GENERALIDADES

1.1 Características del Ojo Humano.

La señal de video es una señal eléctrica que contiene la información necesaria para reproducir una imagen por medios electrónicos, procurando mantener todas las características originales distinguibles al ojo humano, entre ellas: movimiento, intensidad de luz, color y fidelidad en las formas.

El ojo humano es un sistema óptico formado por un dioptrio esférico y una lente, que reciben, respectivamente, el nombre de córnea y cristalino, y que son capaces de formar una imagen de los objetos sobre su superficie interna, en una zona denominada retina, que es sensible a la luz. En la figura 1-1 se ven claramente sus componentes. Tiene forma aproximadamente esférica y está rodeado por una membrana llamada esclerótica, que por la parte anterior se hace transparente para formar la córnea.

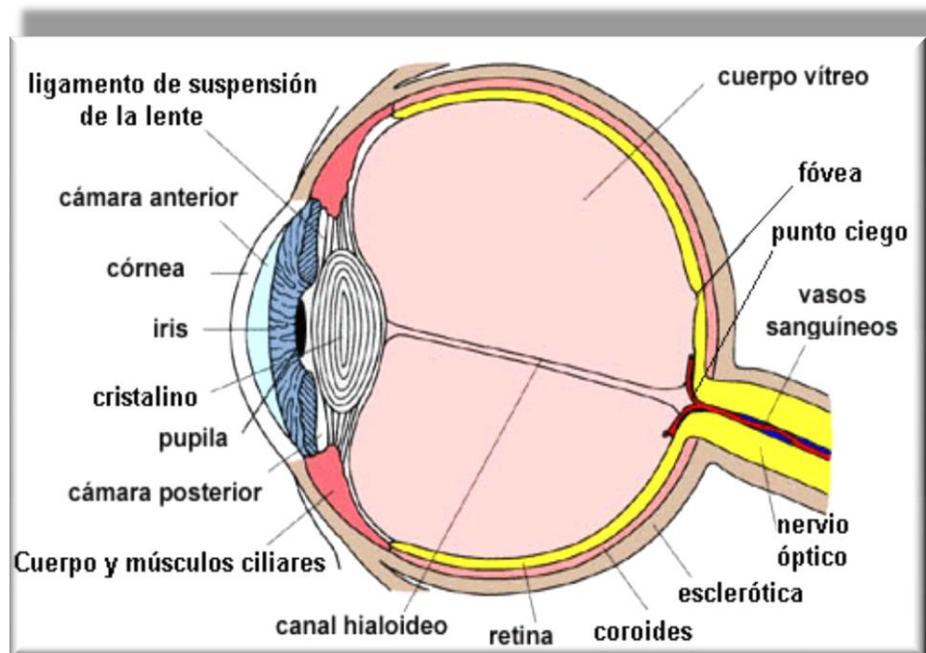


Figura 1-1 Elementos que componen al ojo humano

Tras la córnea hay un diafragma, el iris, que posee una abertura, la pupila, por la que pasa la luz hacia el interior, este es el que define el color de los ojos y controla automáticamente el diámetro de la pupila para regular la intensidad luminosa que se recibe.

El cristalino está unido por ligamentos al músculo ciliar. De esta manera el ojo queda dividido en dos partes: la posterior que contiene humor vítreo y la anterior que contiene humor acuoso. El índice de refracción de este es 1.437 y los del humor acuoso y humor vítreo son similares al del agua, que es 1.33. Enfoca las imágenes sobre la envoltura interna, la retina, esta contiene fibras nerviosas (prolongaciones del nervio óptico) que terminan en unas pequeñas estructuras, denominadas conos y bastones, muy sensibles a la luz. Existe un punto en la retina, llamado fovea, alrededor del cual hay una zona que sólo tiene conos (para ver el color). Durante el día la fovea es la parte más sensible de la retina y sobre ella se forma la imagen del objeto que se visualiza. Los millones de nervios que van al cerebro se combinan para formar un nervio óptico que sale de la retina por un punto que no contiene células receptoras. Es el llamado punto ciego.

La córnea refracta los rayos luminosos y el cristalino actúa como ajuste para enfocar objetos situados a diferentes distancias. De esto se encargan los músculos ciliares que modifican la curvatura de la lente y cambian su potencia. Para que la imagen se forme en la retina, los músculos ciliares se contraen, y el grosor del cristalino aumenta, acortando la distancia focal de la imagen. Por el contrario, si el objeto está distante los músculos ciliares se relajan y la lente adelgaza. Este ajuste se denomina acomodación o adaptación.

El ojo sano y normal ve los objetos situados en el infinito sin acomodación, enfocados en la retina. Esto quiere decir que el foco está en la retina y el llamado punto remoto (Pr) está en el infinito. Se llama Pr la distancia máxima a la que puede estar situado un objeto para que una persona lo distinga claramente y punto próximo a la distancia mínima. Un ojo normal será el que tiene un punto próximo a una distancia "d" de 25 cm, (para un niño puede ser de 10 cm) y un punto remoto situado en el infinito. Si no cumple estos requisitos el ojo tiene algún defecto.

Como ya se mencionó, El ojo humano está formado por millones de elementos fotosensibles denominados bastones y conos, los cuales se conectan al cerebro por aproximadamente 800,000 fibras nerviosas, esto significa que la información visual no es procesada por el cerebro como un todo, sino por elementos discretos, esto es, diferenciados, distintos, finitos.

Una imagen es en realidad, para el ojo humano, un sinnúmero de pequeñas porciones de luz. Si cierta imagen está formada por elementos más pequeños que los del ojo, aquellos no son distinguidos por este y la imagen se percibe distorsionada. Por ejemplo: un dibujo de dos líneas paralelas y cercanas entre sí; cuando un observador se va alejando del dibujo llega un momento en que no puede percibir la separación entre las líneas y son vistas como una sola.

Cuando una imagen es captada por el ojo, el efecto producido por la luz recibida permanece por un tiempo aproximado de $1/16$ de segundo. Esto quiere decir que el cerebro recuerda la imagen presentada y la mantiene captada aunque haya sido retirada, de manera tal que si varias imágenes o pedazos de ellas son mostradas sucesivamente, pero dentro de este intervalo de tiempo, el cerebro las asocia y las interpreta como una sola. Si una imagen se forma por medio de varias líneas horizontales, estas pueden presentarse de manera secuencial, no necesariamente de manera simultánea, siempre y cuando se haga con la rapidez adecuada. Si se presentan varias imágenes fijas, en forma secuencial, ligeramente diferentes y en el tiempo correcto, el cerebro las interpreta como una imagen continua que va cambiando al paso del tiempo y que posee movimiento.

El presentar imágenes en forma continua tiene asociado un corte de luz entre cada una de ellas, lo que origina que el ojo perciba el desagradable efecto denominado *parpadeo*, este depende, además de la velocidad con que se realizan los cortes de luz, de la brillantez de la imagen, aunque el efecto de este parámetro se elimina con un aumento en la velocidad en que se presentan las imágenes.

1.2 El espectro electromagnético para la luz.

La naturaleza de la luz ha sido estudiada desde hace muchos años por muchos científicos tan notables como Isaac Newton y Max Plank. Ha sido interpretada de diversas maneras:

1. Como compuesta por corpúsculos que viajaban por el espacio en línea recta (teoría corpuscular - Newton - 1670)
2. Como ondas similares a las del sonido que requerían un medio para transportarse (el Éter) (teoría Ondulatoria - Huygens - 1678, Young, Fresnel)
3. Como ondas electromagnéticas al encontrar sus características similares a las ondas de radio (teoría electromagnética - Maxwell - 1860)
4. Como paquetes de energía llamados cuantos (Plank).

Finalmente Broglie en 1924 unifica la teoría electromagnética y la de los cuantos (que provienen de la ondulatoria y corpuscular) demostrando su doble naturaleza.

La radiación electromagnética.

Las cargas eléctricas estacionarias producen campos eléctricos, y en movimiento producen campos eléctricos y magnéticos. Los cambios cíclicos en estos campos producen radiación electromagnética, que consiste en una oscilación perpendicular de un campo eléctrico y magnético, transporta energía de un punto a otro, y se mueve a la velocidad de la luz (siendo esta un tipo de radiación electromagnética). Sus ondas se componen de crestas y valles (convencionalmente las primeras hacia arriba y las segundas hacia abajo). La distancia entre dos crestas o valles se denomina longitud de onda (λ). La frecuencia de la onda esta determinada por las veces que ella corta la línea de base en la unidad de tiempo (casi siempre medida en segundos), esta frecuencia es tan importante que las propiedades de la radiación dependen de ella y esta dada en Hertz (Hz). La amplitud de onda (A) esta definida por la distancia que separa el pico de la cresta o valle de la línea de base. La energía que transporta la onda es proporcional al cuadrado de la amplitud. La unidad de medida para expresar semejantes distancias tan pequeñas es el nanómetro (10^{-9} metros).

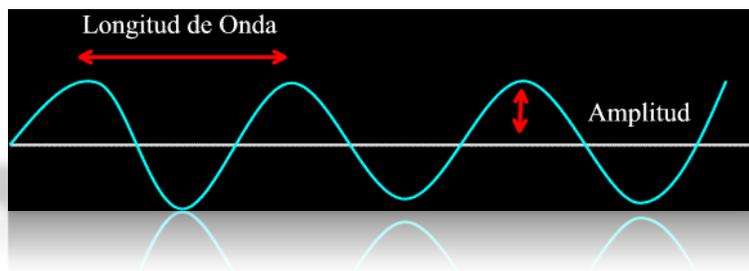


Figura 1-2 Representación de una onda electromagnética

La luz visible, es decir las ondas electromagnéticas para las cuales el ojo humano esta adaptado se encuentran entre longitudes de onda entre los 400 nm (violeta) y 700 nm (rojo). Como lo predijeron las ecuaciones de Maxwell, existen longitudes de onda por encima y por debajo de estos limites. Estas formas de *luz invisible* se han encontrado y organizado de acuerdo a sus longitudes de onda en el *espectro electromagnético*.

Espectro electromagnético.

Es un conjunto de ondas que van desde las que tienen mayor longitud como las ondas de radio, hasta las de menor longitud como el caso de los rayos Gamma. Entre estos dos límites están: las ondas de radio, las microondas, los infrarrojos, la luz visible, la luz ultravioleta y los rayos X. Es importante hacer notar que las de mayor longitud de onda tienen menor frecuencia y viceversa. Las características propias de cada tipo de onda no solo están dadas por su longitud, sino también su frecuencia y energía. En la tabla 1-1 se muestra como se divide el espectro electromagnético.

www.unicrom.com		Longitud de onda	Frecuencia	Energía
Radio	Muy Baja Frecuencia	> 10 km	< 30 Khz	< 1.99 e-29 J
	Onda Larga	< 10 km	> 30 Khz	> 1.99 e-29 J
	Onda media	< 650 m	> 650 Khz	> 4.31 e-28 J
	Onda corta	< 180 m	> 1.7 Mhz	> 1.13 e-27 J
	Muy alta frecuencia	< 10 m	> 30 Mhz	> 2.05 e-26 J
	Ultra alta frecuencia	< 1 m	> 300 Mhz	> 1.99 e-25 J
Microondas		< 30 cm	> 1.0 Ghz	> 1.99 e-24 J
Infrarrojo	Lejano / submilimétrico	< 1 mm	> 300 Ghz	> 199 e-24 J
	Medio	< 50 um	> 6.0 Thz	> 3.98 e-21 J
	Cercano	< 2.5 um	> 120 Thz	> 79.5 e-21 J
Luz Visible		< 780 nm	> 384 Thz	> 255 e-21 J
Ultravioleta	Cercano	< 380 nm	> 789 Thz	> 523 e-21 J
	Extremo	< 200 nm	> 1.5 Phz	> 993 e-21 J
Rayo X		< 10 nm	> 30.0 Phz	> 19.9 e-18 J
Rayos Gamma		< 10 pm	> 30.0 Ehz	> 19.9 e-15 J

Tabla 1-1 Distribución de espectro electromagnético

Si las ondas electromagnéticas se organizan en un continuo de acuerdo a sus longitudes obtenemos el espectro electromagnético en donde las ondas mas largas (longitudes desde metros a kilómetros) se encuentran en un extremo (Radio) y las mas cortas en el otro (longitudes de onda de de una billonésima de metros) (Gamma).

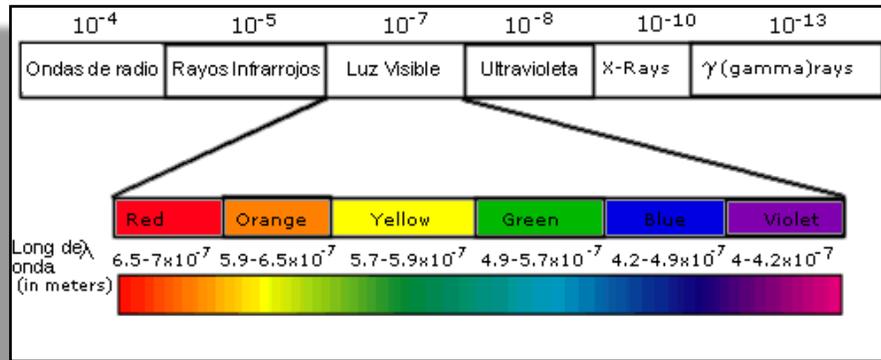


Figura 1-3 Espectro electromagnético

Luz Visible.

Isaac Newton fue el primero en descomponer la luz visible blanca del Sol en sus componentes mediante la utilización de un prisma. Como pudo darse cuenta, esta constituida por la combinación de ondas que tienen energías semejantes y es debido a que ninguna de estas predomine sobre las otras. La radiación visible va desde 384×10^{12} hasta 769×10^{12} Hz. Las frecuencias mas bajas de la luz visible (Longitud de onda larga se perciben como rojas y las de mas alta frecuencia (longitud corta) aparecen violetas.

Rayos infrarrojos.

La radiación infrarroja fue descubierta por el astrónomo William Herschel en 1800, al medir la alta temperatura más allá de la zona roja del espectro visible. La radiación infrarroja se localiza en el espectro entre 3×10^{11} Hz. Hasta aproximadamente los 4×10^{14} Hz. La banda infrarroja se divide en tres secciones próxima (a lo visible. 780 - 2500 nm), intermedia (2500 - 50000 nm) y lejana (50000 - 1mm). Toda molécula que tenga un temperatura superior al cero absoluto (-273° K) emite rayos infrarrojos y estos serán mayores entre mas temperatura tenga el objeto.

Microondas.

La región de las microondas se encuentra entre los 10^9 hasta aproximadamente 3×10^{11} Hz (con longitud de onda entre 30 cm a 1 mm).

Ondas de Radio.

Heinrich Hertz, en el año 1887, consiguió detectar ondas de radio que tenían una longitud del orden de un metro. La región de ondas de radio se extiende desde algunos Hertz hasta 10^9 Hz con longitudes de onda desde muchos kilómetros hasta menos de 30 cm.

Rayos X.

En 1895 Wilhelm Rontgen invento una maquina que producía radiación electromagnética con una longitud de onda menor a 10 nm a los cuales debido a que no conocía su naturaleza las bautizo como X.

Radiación Ultravioleta.

Sus longitudes de onda se extienden entre 10 y 400 nm mas cortas que las de la luz visible.

Rayos Gamma.

Se localizan en la parte del espectro que tiene las longitudes de onda mas pequeñas entre 10 y 0.01 nm

Líneas espectrales.

Los átomos poseen un núcleo el cual tiene la mayor parte de su masa y toda la carga positiva, rodeando al núcleo se encuentra un enjambre de electrones con carga negativa. En estado estable debe ser neutro, de esta manera, la carga positiva del núcleo se contrarresta con la carga negativa de los electrones. El núcleo esta formado por dos tipos de partículas, los protones y los neutrones unidos por una fuerza llamada fuerza nuclear fuerte. Los protones tienen toda la carga positiva y el número de ellos son los que dan las características fisicoquímicas al átomo.

De cada elemento químico se pueden tener varias formas o isotopos; en los isotopos el número de protones se mantiene constante pero no el de neutrones. El hidrogeno por ejemplo tiene dos isotopos muy comunes el 1_H y el 2_H (deuterio) y uno menos común el tritio 3_H . El número que precede al símbolo químico es el número de nucleones (protones y neutrones) que posee.

Los electrones de un átomo solo pueden encontrarse en unas orbitas permitidas y no en cualquier posición con respecto al núcleo. Ahora bien, puede cambiar de una orbita a otra siempre y cuando la de destino este desocupada. Al pasar a una orbita mas baja este necesita emitir energía, la cual se libera en forma de paquete o cuanto. Para pasar a una orbita mas alta requiere absorber energía en forma de cuanto de luz, este al ser emitido o absorbido es especifico para cada orbita de cada átomo en particular.

De esta manera al estudiar la energía electromagnética emitida o absorbida por un átomo se puede determinar de qué tipo es. Cuando se tiene un material excitado como por ejemplo un gas calentado por la luz estelar, una gran multitud de sus átomos puede estar sufriendo cambios en la orbita de sus electrones y por este motivo se presenta gran cantidad de absorción y/o emisión de cuantos de energía. El estudio de estos fotones dan las "huellas" de identificación de los átomos presentes en el gas.

Al analizar el espectro proveniente de la luz de un gas o estrella se pueden apreciar "huecos" en el espectro estudiado llamados *líneas espectrales de absorción*, estos corresponden a las longitudes de onda absorbidas por el átomo. Igualmente al estudiar material incandescente podremos ver espectros con líneas característicamente brillantes a las que se denominan líneas de emisión. Las moléculas también emiten y absorben radiación en longitudes características la mas conocida y útil es la emisión de 21 cm de las moléculas de hidrogeno.

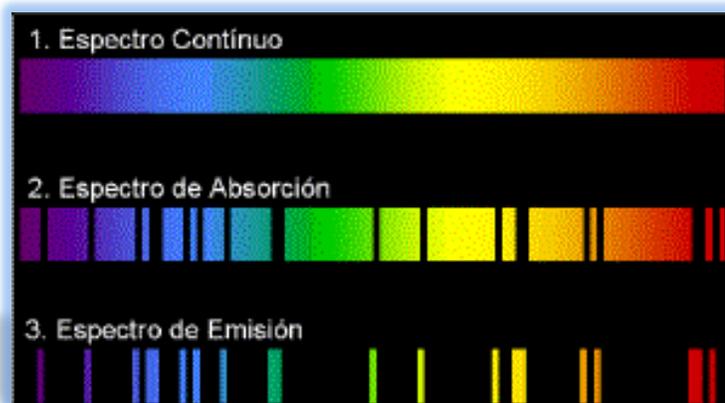


Figura 1-4 Líneas espectrales

Cuerpo negro.

Todos los cuerpos emiten radiación electromagnética por el simple hecho de tener cierta temperatura. Para estudiar la liberación de energía por cuerpos calientes se debe considerar un objeto especial de características ideales en el cual toda la luz que absorba no se refleje; a tal objeto se le denomina *cuerpo negro*. Estos emiten energía y lo hacen según un espectro característico, durante muchos años no se logro explicar la radiación de energía de un cuerpo negro hasta que Max Plank en 1900 lo hizo suponiendo que la energía se liberaba en paquetes o cuantos. La emisión de energía por parte de las estrella se asemeja mucho a la de un cuerpo negro (salvo por las líneas de absorción y emisión).

Cuando un objeto emite radiación de manera similar a un cuerpo negro se puede asegurar que esta energía es de tipo térmico; existe sin embargo otro tipo de energía electromagnética de tipo no térmico a la cual se le conoce como *radiación sincrotón*. Esta es producida por partículas cargadas, casi siempre electrones, que giran alrededor de líneas de campo magnético y emiten radiación.

La liberación de energía sincrotón tiene como característica que se irradia en longitudes de onda muy pequeñas en el rango de los rayos X y Gamma. Cuando existen líneas espectrales, estas líneas tiene cambios característicos, en presencia de campos magnéticos muy fuertes; las líneas espectrales se desdoblán en parejas con una distancia entre ellas relacionada a la magnitud del campo, a este fenómeno se le conoce como *fenómeno de Zeeman* y fue descubierto al estudiar las propiedades espectrales de las manchas solares.

1.3 Canales de difusión de televisión.

El espectro de radiofrecuencias, integrado por una serie de ondas artificiales comprendidas entre 47 y 854 Megahercios (1 millón de Hercios, o número de oscilaciones / ciclos por segundo), es considerado como el más óptimo para las transmisiones de radio y televisión. Las frecuencias Asignadas para la transmisión en televisión se realizan según la modulación en amplitud (amplitud variable y frecuencia constante). Cada banda, a su vez, está dividida en zonas, denominadas canales: las bandas I y III (bandas de VHF) se subdividen en canales que comprenden espacios de 7 frecuencias en MHz; las bandas IV y V (bandas de UHF) se subdividen en canales que comprenden espacios de 8 frecuencias en MHz.

Banda	Frecuencia	Canal	Ancho de banda
I	(41) 47 a 68 MHz	2 a 4	7 MHz
II	87.5 (88) a 104 (108) MHz	VHF-FM Sonido	
III	174 a 223 (230) MHz	5 a 11 (12)	7 MHz
IV	470 a 528 MHz	12 a 27	8 MHz
V	582 a 790 (860) MHz	28 a 60 (69)	8 MHz
VI	11.7 a 12.3 MHz	Reemplazado por el satélite	
Especial	68 a 82 (89) MHz	2 (3) S canales	7 MHz
Canales de TV y por cable	230 a 300 MHz	104 a 174	7 MHz

Tabla 1-2 Frecuencias Asignadas para la transmisión en televisión

Cada estación tiene asignado un canal de 6 MHz por la Comisión Federal de Comunicaciones (FCC, *Federal Communications Commission*) para transmitir sus señales de AM y de sonido FM. Para la señal de imagen se utiliza la transmisión de banda lateral residual, con la finalidad de reducir el ancho de banda. La imagen y sonido son señales individuales en ondas portadoras separadas por 4.5 MHz. La subportadora de croma de 3.58 MHz se multiplexa en la portadora de imagen como una señal de modulación de video. La señal C se transmite como una banda lateral doble con portadora suprimida de la señal AM.

Canales asignados.

Para el proceso de modulación, la portadora de imagen debe tener una frecuencia de video mucho más alta que la frecuencia más alta de modulación de 4.2 Mhz. Por lo tanto se asignan canales de TV en las bandas VHF Y UHF. La banda de VHF comprende de 30 a 300 MHz y la de UHF de 300 a 3000 MHz. El número de canales en cualquier localidad depende de su población. Una pequeña ciudad puede tener sólo un canal. Grandes ciudades tienen hasta 12 estaciones, incluyendo los canales VHF y UHF. Muchas ciudades tienen uno o más canales reservados para televisión pública educativa o televisión de baja potencia.

Canales VHF de banda baja.

La VHF de banda baja incluye los canales 2, 3, 4, 5 y 6 de 54 a 88 MHz. La banda de 44 a 50 MHz se usa como canal 1, pero ahora estas frecuencias están asignadas a otros servicios de radio debido a los problemas de interferencia. La mayoría de los receptores de televisión y receptor/monitor no desplegarán o sintonizarán el canal 1. Las televisiones antiguas con sintonizadores mecánicos usaban la posición entre el canal 2 y 13 para seleccionar la operación UHF.

Canales VHF de banda alta.

Esta banda de VHF incluye los canales 7, 8, 9, 10, 11, 12 y 13 de 174 a 216 MHz. Las frecuencias comprendidas entre 88 y 174 Mhz no se emplean para los canales de televisión y están reservadas para otros servicios, que incluyen los de banda de 88 a 108 MHz para la radiodifusión comercial FM.

Canales UHF.

La UHF incluye los canales 14 a 69 con frecuencias de 470 a 806 MHz. Ahora las frecuencias para los canales 70 a 83 han sido reasignadas por la FCC para otros servicios, tales como la telefonía celular.

Estaciones de COCANAL.

Muchas estaciones de difusión pueden usar un canal, pero deben estar suficientemente separadas para minimizar la interferencia. La separación geográfica necesaria es de 170 a 220 millas (274 a 354 Km) para las estaciones de VHF y de 150 a 205 millas (241 a 330 Km) para las estaciones de UHF. La distancia de transmisión es menor para las señales de UHF por que las frecuencias son altas. La potencia radiada efectiva de las antenas de la estación suele ser de 50 a 5000 KW.

Canales adyacentes.

Un canal adyacente debe ser el siguiente en frecuencia, no sólo por el número del canal. Por ejemplo, los canales 4 y 5 no son adyacentes porque hay un salto de 4 MHz entre 72 y 76 MHz. Sin embargo, los canales 2, 3 y 4 son adyacentes. Los canales VHF de banda alta, 7 a 13, son todos adyacentes. También, todos los canales de UHF son adyacentes debido a la continuidad de las bandas de 6 MHz.

Interferencia de canal.

Las estaciones de cocanal pueden interferir entre si en las áreas de borde entre los dos transmisores. Por lo común, hay un patrón de barra horizontal, llamado *efecto de persiana*, representado en la figura 1-5.

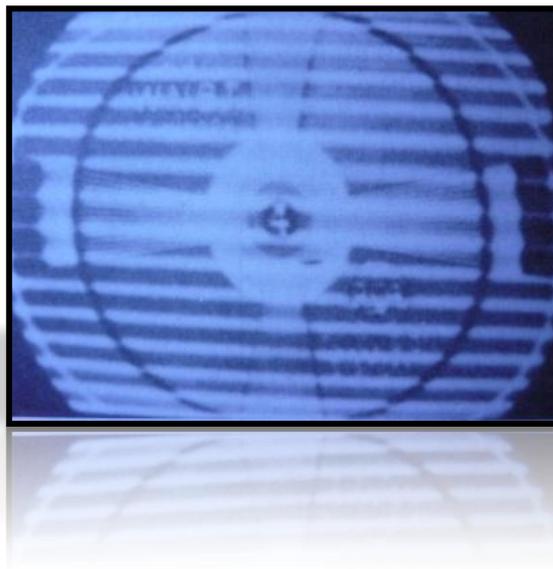


Figura 1-5 Efecto de persiana veneciana debido a la interferencia de cocanal

Las barras son resultado de un pulso de audiofrecuencia entre las dos señales portadoras de imagen que están un poco encimadas. Con la interferencia de un canal adyacente, algunas de las bandas laterales de la señal de imagen pueden pulsar con la portadora de imagen deseada. Entonces la información de imagen de la estación interferente esta superpuesta a la imagen deseada. Se puede ver cómo se mueve transversalmente en la pantalla una imagen interferente.

La barra negra vertical producida por el borrado horizontal es mas obvia, como lo muestra la figura 1-6.



Figura 1-6 Efecto limpiaparabrisas debido a la interferencia del canal adyacente inferior

Esta barra se mueve en forma transversal de lado a lado a causa de la ligera diferencia de fase entre las dos señales. Esta interferencia se llama *efecto de limpiaparabrisas*. El remedio para una interferencia de cocanal es usar una antena más direccional en el receptor. Las estaciones cocanal están casi siempre en diferentes direcciones. La selectividad del canal adyacente del receptor está determinada por el eliminador de onda de la sección FI (frecuencia intermedia).

1.4 Ancho de banda estándar para la televisión.

La figura 1-7 ilustra cómo se ajustan las señales de imagen y sonido en el ancho de banda 6 MHz. La frecuencia portadora de imagen no está en el centro del canal debido a la transmisión de la banda lateral residual. Hay que observar los siguientes espacios para las frecuencias de la portadora:

1. La portadora de imagen P es de 1.25 MHz arriba del extremo inferior del ancho de banda.
2. La portadora de sonido S es de 4.5 MHz arriba de la portadora de imagen, o S está en 0.25 MHz abajo del extremo superior del ancho de banda.
3. La subportadora de color C es de 3.58 MHz arriba de la portadora de imagen, como la modulación de video en la banda lateral superior.

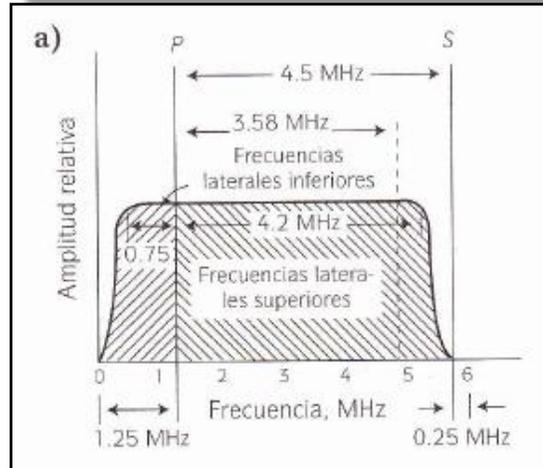


Figura 1-7 Amplitud relativa

En la figura 1-8 se muestran las frecuencias específicas del ancho de banda 3 de 60 a 66 MHz.

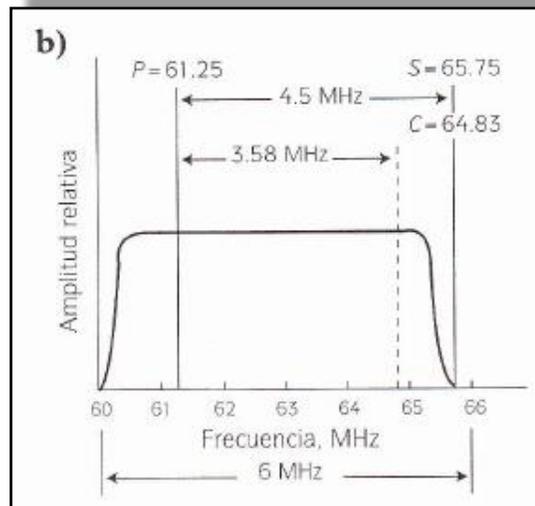


Figura 1-8 Amplitud relativa para el ancho de banda 3

Ejemplos de Frecuencias de canal RF.

Véase la figura 1-8 para el ancho de banda 3, 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 se muestran. La señal FM de sonido requiere un ancho de banda de solo 50 KHz con una desviación de frecuencia de ± 25 KHz para 100% de modulación.

Bandas laterales residuales de la señal de imagen.

Con la transmisión de banda lateral residual, todas las frecuencias laterales superiores hasta 65.45 MHz se transmiten para modulación de video de 4.2 MHz. Los valores son de $61.25 + 4.2$ MHz.

Las frecuencias laterales más altas pueden interferir con la señal de sonido. Sin embargo, sólo se transmite la parte de banda lateral inferior hasta cerca de 60.5 MHz. Esta frecuencia lateral más baja es para la modulación de video de 0.75 MHz. Las frecuencias laterales inferiores a 60.5 MHz están en el extremo bajo o fuera del ancho de banda. Cuando el voltaje de modulación de video tiene una frecuencia de 0.75 MHz. Se transmiten ambas frecuencias laterales superior e inferior. La frecuencia inferior es

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

Mientras la frecuencia superior es

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

Ambas frecuencias de 60.5 y 62 MHz están en el ancho de banda. En este caso, la portadora de imagen AM es una señal de doble banda lateral normal. Lo mismo es cierto para cualquier señal de modulación de video con una frecuencia menor de 0.75 MHz. Sin embargo, para frecuencias de modulación de video más altas de 0.75 MHz, sólo se

transmiten las frecuencias laterales superiores con amplitud normal. Hay que considerar una modulación de video de 2 MHz. La frecuencia lateral superior es $61.25 + 2.0 = 63.25$ MHz, que está en el canal. La frecuencia lateral inferior es $61.25 - 2.0 = 59.25$ MHz, y está fuera del canal. En este caso, sólo se transmite la frecuencia lateral superior, como en la transmisión de banda lateral única. Todas las frecuencias laterales más bajas que el ancho de banda se suprimen por un filtro de banda lateral residual existente en el transmisor. El resultado es la transmisión de banda lateral residual de la señal de imagen AM. En este método se usa transmisión de doble banda lateral para frecuencias moduladoras de video de aproximadamente 0.75 MHz o menos. La transmisión de una banda lateral única se utiliza para las frecuencias de modulación de video más altas, desde. La frecuencia subportadora de croma de 3.58 MHz está en 64.83 MHz como una frecuencia lateral superior de la portadora de imagen modulada en el ancho de banda 3. En un receptor sintonizado en el ancho de banda 3, los circuitos RF deben dejar pasar 64.83 MHz para obtener la señal de color.

Ventaja de la transmisión de banda lateral residual.

Con la portadora de imagen distanciada 1.25 MHz del extremo del ancho de banda, se pueden, transmitir frecuencias de modulación de video de hasta 4 MHz en el canal de 6 MHz. Si se utiliza la transmisión de doble banda lateral con la portadora de imagen en el centro del ancho de banda será necesario un límite de videofrecuencia cercano a 2.5 MHz. Podría parecer deseable situar la portadora de imagen en el extremo inferior del ancho de banda y usar toda la transmisión de banda lateral única. Sin embargo, este método no es práctico. Las frecuencias laterales más bajas indeseables son eliminadas por un filtro, que no puede tener características ideales de corte. El resultado es la distorsión de fase de las frecuencias laterales próximas a la de la señal portadora, lo que causa borrosidad en la imagen. Recordar que las frecuencias de video bajas tienen la información de luminancia más importante para las áreas grandes de la imagen. El compromiso de transmisión de banda lateral residual es casi perfecto. Las frecuencias laterales inferiores se suprimen sólo cuando están suficientemente alejadas de la portadora de imagen para evitar la distorsión de fase. La propia portadora de imagen y las frecuencias laterales próximas a la portadora no quedan atenuadas.

Compensación para la transmisión de banda lateral residual.

La señal de imagen tiene distorsión en cuanto a las amplitudes relativas de diferentes frecuencias de modulación. Hay que recordar que una señal transmitida con solo una banda

lateral representa nada más modulación a 50%, en comparación con la doble banda lateral. En efecto, en este método levanta las frecuencias bajas de la señal de modulación de video. Pero el levantamiento se corrige mediante la desacentuación de las frecuencias de video bajas en la misma cantidad, en el amplificador de FI del receptor de televisión. En particular, la frecuencia portadora FI de la imagen de 45.75 MHz tiene una ganancia relativa de 50% en el límite de la curva de respuesta de FI. La salida RF del transmisor y la ganancia FI del receptor se complementan de modo exacto.

1.5 Estándares de transmisión de televisión.

Los estándares están especificados por la FCC. Incluyen los requisitos de las amplitudes de señal, la salida de potencia y la tolerancia para las frecuencias portadoras. La forma de onda de la figura 1-9 muestra los valores de amplitud de la señal AM de imagen. En la figura 1-10 están indicadas, para su comparación, las frecuencias en un canal estándar de 6 MHz. El propósito es resaltar la diferencia entre las características de amplitud y las de frecuencia de un canal estándar.

Comparación de estándares de amplitud y frecuencia para el canal de transmisión de televisión. El ejemplo es el canal 3:

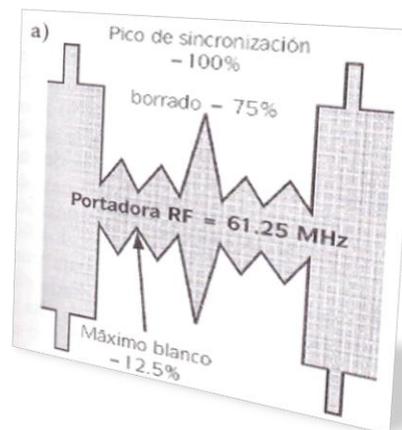


Figura 1-9 Niveles de amplitud para la señal de imagen AM

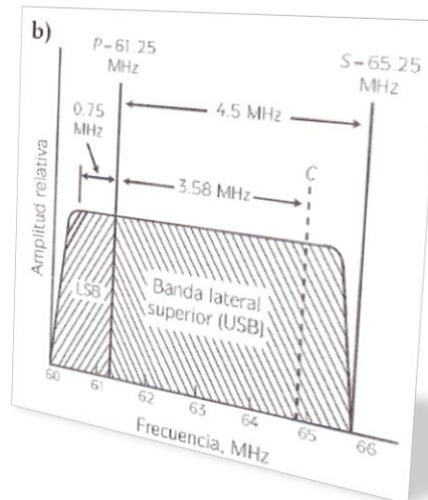


Figura 1-10 Frecuencias en el canal de 6MHz.

La señal AM de imagen está designada como una emisión de tipo A5C. Esta transmisión significa modulación de amplitud con toda la señal portadora, con la banda lateral superior completa, pero sólo una parte de la banda lateral baja, llamada *banda lateral vestigial*. Esto demuestra en el despliegue del espectro de la frecuencia en la figura 1-10. La señal FM de sonido está designada como emisión de tipo F5. Esta transmisión significa modulación de frecuencia con intervalo máximo de ± 25 KHz. En la radiodifusión de FM con el máximo intervalo de ± 75 KHz la emisión es F3. En la figura 1-9, la forma de onda de la señal de imagen AM muestra transmisión negativa, o polaridad negativa de modulación. Este método reduce el efecto de los pulsos de ruido en la imagen. El pico de sincronización produce una señal portadora máxima con amplitud de 100%. El porcentaje superior de 25% es para la sincronización, con el nivel de borrado de 75%. El ajuste del nivel de negro es 6.25% abajo del borrado. El nivel máximo de blanco produce la menor amplitud de la señal portadora de $12.25 \pm 2.5\%$. La gráfica de las frecuencias de la figura 1-10 muestra la transmisión de banda lateral residual. Este método se utiliza para permitir la modulación de video de 4.2 MHz en el canal de 6 MHz. La banda lateral superior (USB, *upper sideband*) se extiende hasta 4.2 MHz arriba de la frecuencia portadora. Luego las frecuencias más altas descienden hasta casi anularse para evitar la interferencia con la señal de sonido. La banda lateral inferior (LBS, *lower sideband*) se extiende de forma plana hasta 0.75 MHz por debajo de la frecuencia portadora de imagen. Después las frecuencias descienden hasta casi anularse para evitar la interferencia con el canal adyacente inferior.

Potencia del transmisor.

El transmisor visual que produce la señal AM de imagen tiene en general un intervalo de potencia máxima o de pico de 0.5 a 100 KW, o más. Sin embargo, la potencia radiada efectiva (ERP, *effective radiated power*) es mucho más alta porque incluye la ganancia de la antena. Por ejemplo, la salida de transmisor de 4.5 kW, que incluye 0.5 KW de pérdidas del cable, se puede multiplicar por una ganancia de antena de 10 para obtener una ERP de 40 KW. A menudo la potencia se especifica en unidades de dBk, que significa decibeles con base en 1 KW. Las estaciones de televisión de difusión VHF de banda baja pueden obtener permiso para transmitir con una ERP de hasta 100 KW. Las estaciones VHF de banda alta pueden tener un ERP de 316 kW y las estaciones UHF pueden tener un ERP de varios millones de watts. El transmisor de audio que produce la señal de sonido FM tiene una salida de potencia de 10% de la potencia de la señal de imagen. Este nivel menor de RF minimiza la interferencia. Por lo común, la recepción de la señal de sonido no presenta problemas.

Tolerancias de frecuencia.

La tolerancia para la frecuencia portadora de imagen es ± 1000 Hz. La frecuencia portadora de sonido debe ser 4.5 MHz ± 1000 Hz arriba de la frecuencia portadora de imagen. La frecuencia subportadora de croma es 3.579545 MHz ± 10 Hz. Se debe recordar que una tolerancia de 1000 Hz es 1 kHz o 0.001 MHz. La relación respecto a 100 MHz es sólo 0.001%.

Frecuencia de compensación (offset) de la portadora.

Las frecuencias de portadora exactas para las diferentes estaciones en el mismo canal tienen una compensación de +10 KHz o -10 KHz. El propósito es reducir el efecto de interferencia entre las estaciones cocanal. Se elige un desplazamiento de 10 KHz como alrededor de las dos terceras partes de la frecuencia de barrido de línea horizontal de 15750 Hz.

Estaciones traductoras.

Las estaciones traductoras convierten las frecuencias del canal de una estación en las de otro canal para retransmitirlas. El propósito es minimizar la interferencia o proporcionar el servicio de televisión para una zona pequeña en un radio de acción de 5 a 15 millas

(8 a 14 km). El resultado final es que más personas tienen acceso a la señal del canal. La salida de potencia es de 1 a 10 W para canales de VHF o hasta 100 W para canales de UHF.

Estaciones de TV de baja potencia.

En 1982, la FCC estableció el servicio de televisión de baja potencia como medio para proporcionar un servicio de televisión de orientación local. El área de servicio puede incluir comunidades rurales, pequeños poblados o grupos pequeños dentro de un área urbana grande. Esto hizo posible la asignación de muchos más canales y estas estaciones entregan programas de interés especial. La televisión de baja potencia ha creado muchas estaciones televisivas nuevas, que hacen un mejor uso del espectro de frecuencia de difusión. La potencia de transmisor va de 10 a 100 W para canales VHF y hasta 1000 W para canales UHF. Excepto por la restricción de potencia, las estaciones de baja potencia pueden funcionar en cualquiera de los canales VHF y UHF, con excepción de 37. Sin embargo, no debe haber interferencia con las estaciones de servicio completo.

Los canales que pueden interferir con otros son los siguientes:

- N = cocanal
- $n \pm 1$ = canal adyacente
- $n + 11$ = interferencia con oscilador local
- $n \pm 8$ = interferencia de pulso FI
- $n \pm 14$ = interferencia de frecuencia imagen de sonido
- $n \pm 15$ = interferencia de frecuencia imagen de la señal de imagen

Hay que observar que la energía está especificada para el transmisor, sin tener en cuenta la ganancia de la antena y su altura, La potencia radiada efectiva puede ser mucho mayor.

1.6 La televisión.

La televisión es un sistema para la transmisión y recepción de imágenes en movimiento y sonido a distancia. Esta puede ser efectuada mediante ondas de radio o por redes especializadas de televisión por cable. El receptor de las señales es el televisor. La palabra "televisión" es un híbrido de la voz griega "tele" (distancia) y la latina "visio" (visión). El término se refiere a todos los aspectos de transmisión y programación en televisión, a veces se abrevia como TV. Este término fue utilizado por primera vez en 1900 por Constantin Perski en el Congreso Internacional de Electricidad de París (CIEP).

Descripción básica del sistema.

El sistema está fundado en el fenómeno fotoeléctrico que permite transformar las radiaciones luminosas en corriente eléctrica. A partir de esta transformación se hace posible la codificación y el transporte de la señal hasta un receptor donde se produce la descodificación y nueva transformación de la corriente eléctrica en imagen visible. Un sistema típico de TV comienza por la imagen óptica de la escena encuadrada que es captada por el objetivo de la cámara y que es proyectada contra un mosaico fotosensible. Éste desprenderá electrones. La imagen óptica, que estará constituida por pequeñas áreas de luz y de sombra o elementos de imagen, tendrá su correspondencia en centenares de miles de pequeñísimas cargas eléctricas cuyo valor se corresponderá con la luminosidad de la imagen. La definición final será tanto mayor cuanto más diminutos y numerosos sean estos elementos que conforman la imagen. La figura 1-11 muestra el diagrama básico de los elementos que intervienen en un sistema de transmisión de televisión.

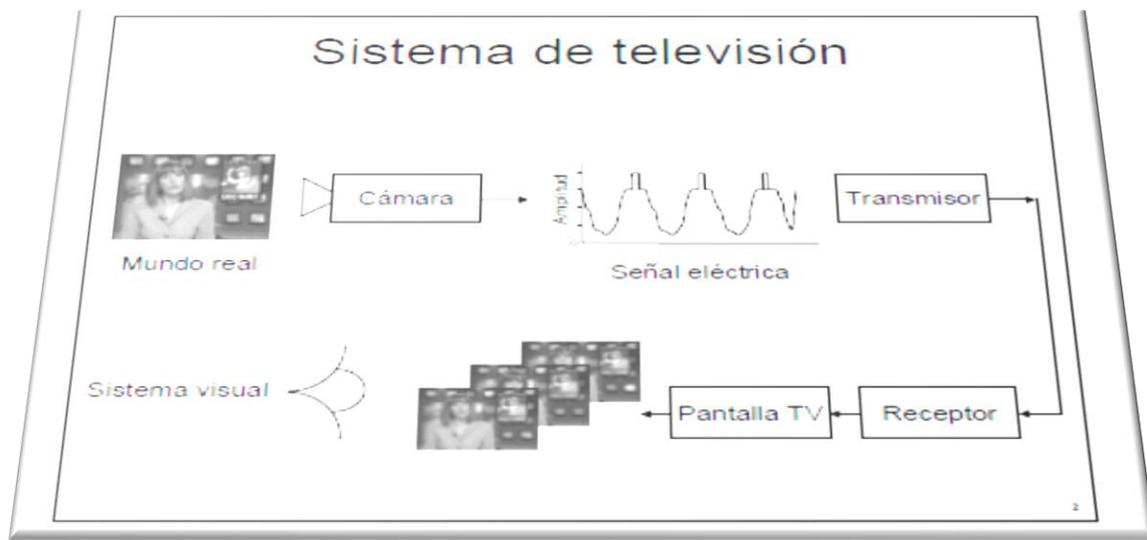


Figura 1-11 Sistema básico de la transmisión de televisión

Persistencia de la visión (persistencia en la retina).

Cuando el ojo mira a un punto que se mueve rápidamente, el fenómeno aludido hace que la imagen persista en el cerebro una fracción de segundo después de que el punto ya se ha desplazado a otro lugar. Existen límites dentro de los cuales el ojo aprecia este “engaño”, lo que se traduce en un parpadeo de la imagen percibida.

La persistencia de la visión es el fundamento fisiológico que posibilita la existencia de la TV. El ojo aprecia las imágenes formadas por un punto brillante con sensación de continuidad, cuando la frecuencia con que se repiten esas imágenes completas es de aproximadamente 16 veces en un segundo (16 hertzios).

La señal de vídeo.

La señal transducida de la imagen contiene la información de ésta, pero es necesario, para su recomposición, que haya un perfecto sincronismo entre la deflexión de exploración y la deflexión en la representación. La exploración de una imagen se realiza mediante su descomposición, primero en fotogramas a los que se llaman cuadros y luego en líneas, leyendo cada cuadro. Para determinar el número de cuadros necesarios para que se pueda recomponer una imagen en movimiento así como el número de líneas para obtener una óptima calidad en la reproducción y la óptima percepción del color (en la TV en color) se realizaron numerosos estudios empíricos y científicos del ojo humano y su forma de percibir. Se obtuvo que el número de cuadros debía de ser al menos de 24 al segundo (luego se emplearon por otras razones 25 y 30) y que el número de líneas debía de ser superior a las 300.

La señal de vídeo la componen la propia información de la imagen correspondiente a cada línea (en el sistema PAL 625 líneas y en el NTSC 525 por cada cuadro) agrupadas en dos grupos, las líneas impares y las pares de cada cuadro, a cada uno de estos grupos de líneas se les denomina campo (en el sistema PAL se usan 25 cuadros por segundo mientras que en el sistema NTSC 30). A esta información hay que añadir la de sincronismo, tanto de cuadro como de línea, esto es, tanto vertical como horizontal. Al estar el cuadro dividido en dos campos tenemos por cada cuadro un sincronismo vertical que nos señala el comienzo y el tipo de campo, es decir, cuando empieza el campo impar y cuando empieza el campo par. Al comienzo de cada línea se añade el pulso de sincronismo de línea u horizontal (con la TV en color también se añade información sobre la sincronía del color).

La codificación de la imagen se realiza entre 0 V para el negro y 0.7 V para el blanco. Para los sincronismos se incorporan pulsos de -0.3 V, lo que da una amplitud total de la forma de onda de vídeo de 1 V. Los sincronismos verticales están constituidos por una serie de pulsos de -0.3 V que proporcionan información sobre el tipo de campo e igualan los tiempos de cada uno de ellos. El sonido, llamado audio, es tratado por separado en toda la cadena de producción y luego se emite junto al vídeo en una portadora situada al lado de la encargada de transportar la imagen.

Cuadro y campo.

Un cuadro de tv es el resultado de la exploración completa de todos los elementos de imagen que componen el mosaico fotosensible sobre el que se enfoca la escena, es la imagen completa que resulta de la exploración de todas las líneas impares y pares. Un campo es cada una de las dos exploraciones parciales (bien sea líneas impares o líneas pares) que componen un cuadro. Cada campo consta de la mitad de líneas de un cuadro. Dos campos constituyen un cuadro.

Señal completa de TV en blanco y negro.

La señal de TV emitida por antena transmisora está compuesta por la señal de vídeo propiamente dicha, por los impulsos de sincronismo procedentes del generador de sincronismos y por los impulsos de borrado. La señal de vídeo procedente de la cámara sufre la llamada corrección gamma que tiene por objeto proporcionar linealidad y amplificar la señal.

Tratamiento del sonido.

El margen de frecuencias que comprende el sonido es muy inferior a que precisa la señal de vídeo. La circuitería precisa es muy diferente. Las señales de vídeo y de audio son radiadas por emisoras distintas. Las portadoras se generan y modulan en transmisores independientes. Las señales de audio y de vídeo son captadas por la antena receptora, pero los circuitos del televisor separan ambas señales, las cuales siguen, a partir de esta separación, tratamientos y caminos independientes y distintos.

TEMA 2

EL CINESCOPIO

En una reunión de la Sociedad Roentgen, efectuada en Inglaterra en 1911, el ingeniero eléctrico A. A. Campbell Swinton presentó un esquema de sistema de televisión, que es el utilizado en la actualidad. La escena que se desea transmitir se enfocaría sobre una placa hecha de material no conductor de electricidad, por ejemplo de mica, la cual se encuentra dentro de un tubo de rayos catódicos. Este tubo fue inventado a mediados del siglo XIX por William Crookes para estudiar las propiedades de las corrientes eléctricas a través de gases. Para el receptor, Swinton escogió uno diseñado en 1897 por Ferdinand Braun, de la Universidad de Estrasburgo, en ese entonces parte de Alemania. Este tubo, llamado cinescopio, es de vidrio al vacío y tiene en su fondo una pantalla de material fluorescente, como fósforo, que emite luz cuando un haz de electrones incide sobre él. A medida que el haz electrónico barre la superficie de la pantalla, ésta se va iluminando punto por punto. Esta fue una idea de Swinton que casi describe la actual tecnología de la televisión. El creó el diseño conceptual sobre el cual se trabajarían.

Fue Vladimir Zworykin (1889-1982), un ingeniero ruso inmigrado a Estados Unidos en 1919 quien construyó la primera cámara práctica. En 1924 mostró a la compañía Westinghouse una versión primitiva, pero que funcionaba. Las imágenes eran débiles y vagas, casi sombras. Los directivos de la empresa no se impresionaron tampoco cuando les mostró una versión mejorada en 1929. A quien sí impresionó fue a David Sarnoff, director de otra compañía, la RCA Victor, quien creía en la promesa comercial de la televisión. Zworykin fue contratado en 1930 por la RCA como director de investigación electrónica y en 1933 finalmente convenció a Sarnoff de que su cámara, a la que llamó iconoscopio (del griego iekon, imagen, y skopon, ver), y su cinescopio eran satisfactorios. Swinton había propuesto que fueran de rubidio, pero Zworykin descubrió que era mejor cubrir plata con óxido de cesio.

La RCA probó por primera vez un sistema completo en 1933. Transmitió imágenes de 240 líneas a una distancia de siete kilómetros en Collingswood, Nueva Jersey. Aumentaron el número de líneas; actualmente se usan 525. En 1938 la RCA tuvo listo un sistema de televisión en funcionamiento. Por problemas burocráticos el gobierno no aprobó la licencia de funcionamiento hasta julio de 1941. Durante los años de la segunda Guerra mundial, científicos e ingenieros dirigidos por Zworykin desarrollaron una cámara 100 veces más sensible que el iconoscopio, al terminar la guerra, la RCA reinició sus trabajos en el campo de la televisión.

2.1 Construcción

La figura 2-1 muestra la construcción básica del cinescopio. Un cañón de electrones y una pantalla de fósforo dentro de una burbuja de cristal vacío. En el cuello angosto del tubo, el cañón de electrones produce un haz de electrones. El haz se acelera hacia la

pantalla mediante un voltaje de positivo en el ánodo. Para formar la pantalla, el interior de la placa frontal de cristal grueso se cubre con un material luminiscente que produce luz cuando los electrones del haz lo excitan. La deflexión magnética utiliza bobinas externas alrededor del cuello del tubo para hacer que el haz de electrones barra por completo el área de imagen. Los cinescopios se usan en receptores de televisión, monitores/receptores y en monitores de computadoras.

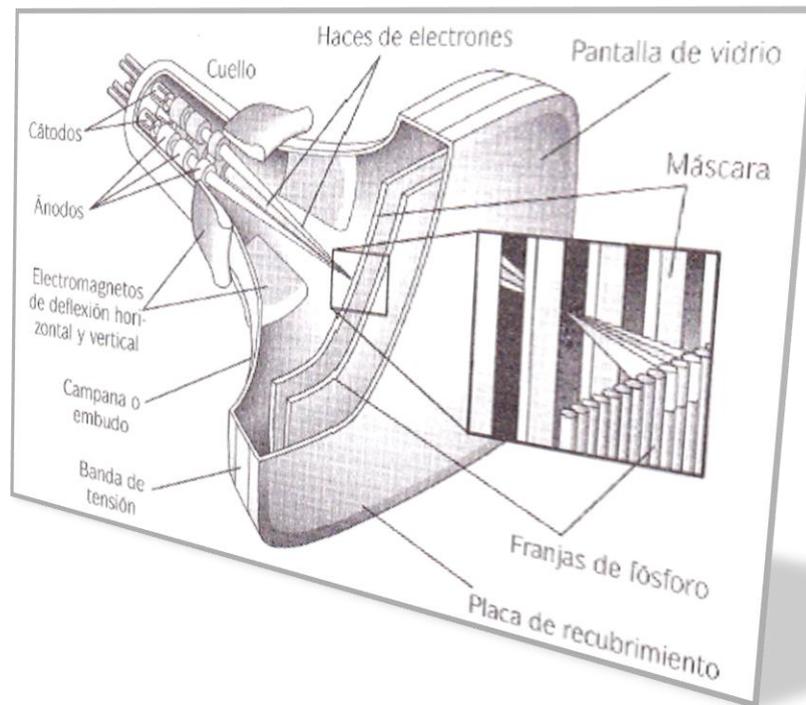


Figura 2-1 Vista directa de un cinescopio o CRT, tipo en línea (in-line). (Gagliano)

Un cinescopio monocromático tiene un cañón de electrones y una cubierta continua de fósforo que emite luz blanca en el caso de los receptores de televisión. Algunos monitores monocromáticos de computadoras tienen una cubierta de fósforo que produce luz verde o ámbar en lugar del despliegue de luz en blanco y negro. En cinescopios de color, la pantalla se forma con tríos de puntos o franjas verticales de fósforo rojo, verde y azul. Hay tres haces de electrones, uno para cada color de fósforo.

El tamaño de un cinescopio varía de pequeño (una pantalla de 1 pulgada, en diagonal) a grande (27 a 41 pulgadas), Estos son cinescopios de vista directa, donde la imagen que se ve está en el interior de la placa frontal de cristal. Para imágenes más grandes suele ser necesario un sistema de proyección óptico. Un cinescopio o Tubo de Rayos Catódicos (CRT, *Cathode Ray Tube*) de 1 pulgada contiene el visor en cámaras de televisión portátiles. Los receptores de televisión pequeños pueden ser de 5, 10, 12 o 13 pulgadas. El tamaño más común en televisores es quizá de 19 a 27 pulgadas. En general, los monitores de computadora usan cinescopios de 14 a 17 pulgadas.

Números de tipo.

Los números de tipo en los cinescopios antiguos designan tubos específicos. Como por ejemplo, 19VHBP22 dice que el tamaño de la pantalla, en pulgadas, es 19 (dentro ½ pulgada). Si la diagonal es un número completo más, exactamente, 0.5 pulgada o más, se usa el siguiente número más alto según la Asociación de Industrias Electrónicas, (EIA). Al final de la designación del tipo se encuentra un número P o B que especifica la pantalla de fósforo. El número de fósforo es P4 o B4 para cinescopios de blanco y negro. Para cinescopios de imagen de color el número es P22 o B22. Esta pantalla tiene fósforos rojo, verde y azul. Si el tubo termina con TCO1 o TCO2, significa que tiene una componente integral montada en el cuello, como un yugo de deflexión enlazado. En Estados Unidos, la Federal Trade Commission requiere que todos los tamaños de pantallas se anuncien como la medida diagonal del área visible de la pantalla. Sin embargo, en otros países la medida es la de toda la placa frontal de recubrimiento, que incluye el grosor del cristal. Los cinescopios importados de estilo antiguo comienzan con un número que especifica la diagonal de la pantalla en milímetros (mm). Por ejemplo, un cinescopio japonés 330WB22 tiene una medida diagonal de pantalla de 330 mm (13 pulgadas aproximadas; una pulgada es igual a 25.4 mm).

Se ha desarrollado un nuevo sistema mundial de números de designación del tipo para todos los tipos de CRT. Ahora los cinescopios de televisión y los monitores CRT usan el sistema mundial de designación del tipo (WTDS, World-Type Designation System). Por ejemplo, el CTR con número "A36JAR53X". La A significa cinescopio de televisión. (Los cinescopios de monitores de computadora empiezan con M). El "36" significa que la medida diagonal de la parte visible es por lo menos de 36 cm. Las tres letras "JAR" designan una familia de cinescopios (con características físicas y eléctricas similares). El número "53" señala un cinescopio específico dentro de un código de familia. (Si está marcado con un solo dígito corresponde a un cinescopio monocromático; dos dígitos indica

que es de color). La “X” muestra qué tipo de fósforo se utiliza; en este caso, X significa color. Los cinescopios de televisores blanco y negro están marcados “WW”. Se emplean otras combinaciones de letras para designar otros tipos de fósforos para las distintas aplicaciones. (Un sexto grupo de código, si es necesario, indicaría alguna componente integrada en el cuello del CRT. Puede agregarse un número de dos dígitos para designar esta situación; un yugo de deflexión enlazado sería un ejemplo de una componente integrada.)

Excitación de corriente voltaje.

Estos valores para el excitador del voltaje y la corriente no están especificados en el número de tipo para cinescopios. No obstante, el voltaje del excitador casi siempre es 6.3 V. Los intervalos de corriente para cinescopios monocromáticos son de 400 o 600 mA, y de 800 a 1800 mA para cinescopios de color. Los cinescopios de imagen monocromáticos pequeños especiales para receptores de TV operados con baterías utilizan un excitador de bajo voltaje de 2 a 4 V. En la mayoría de los cinescopios de color, los tres excitadores para los cañones de electrones están conectados internamente en serie. Las regletas sobresalen a los lados de la base sobre el soporte. La clasificación de 6.3 V es por los tres excitadores en serie. Si uno de estos circuitos excitadores en serie llega a abrirse, se abre el circuito para los tres. Sin embargo, un circuito excitador abierto no es un problema común en los cinescopios de color. En algunos casos, los tres excitadores pueden conectarse en paralelo, pero de todas formas el cinescopio es inservible con un excitador abierto.

Placa de recubrimiento.

La pantalla de fósforo cubre la superficie interna de la placa de vidrio para formar la pantalla. El vidrio debe ser lo suficientemente grueso para soportar la presión de aire que ejerce el vacío dentro de la envoltura (burbuja). Debido al vacío de la envoltura, existe el peligro de un colapso violento, llamado *implosión*, que dispersa el vidrio peligrosamente. Se usan dos sistemas para minimizar el peligro de implosión. En un método la placa de recubrimiento de vidrio es en realidad una lámina pesada formada por capas de vidrio grueso. Un panel transparente resinoso se monta entre las capas, similar a un vidrio de seguridad para automóvil. En un segundo método, una banda de acero prensada se monta alrededor de la circunferencia de la placa de recubrimiento. En el caso de que se quiebre o se perfora la envoltura de vidrio, la banda de acero fuerza a la placa de recubrimiento a permanecer intacta. Los cinescopios deben pasar las estrictas pruebas de implosión que especifica el Underwriters Laboratories (UL) para ameritar el sello UL.

Ángulo de deflexión.

El ángulo máximo que puede desviarse un haz de electrones antes de que pegue en los lados se llama *ángulo de deflexión*. Los valores comunes son 70°, 90°, 110° y 114°. El ángulo de deflexión es el ángulo total. Por ejemplo, un cinescopio con ángulo de deflexión de 90° tiene una desviación máxima de 45° para ambos lados del eje central. Una tendencia hacia ángulos de deflexión mayores ha reducido la profundidad del gabinete de los receptores de TV, porque un cinescopio con ángulo de deflexión más grande tiene una longitud más corta para el mismo tamaño de pantalla. Pero la tendencia hacia ángulos de deflexión más grandes ha disminuido, por la necesidad de conservar la energía. Se necesita más potencia de deflexión para un ángulo muy grande. Esta potencia consume la mayor parte de la corriente de carga que un receptor de TV toma de la línea de alimentación de ca. De este modo, el ángulo de deflexión se ha mantenido pequeño para lograr una operación eficiente. La mayoría de los cinescopios actuales tienen un ángulo de deflexión de 90°. El ángulo de deflexión del yugo de deflexión se adapta al ángulo del cinescopio. Un cinescopio de 90° toma un yugo de 90°. El mismo ángulo de deflexión cubre diferentes tamaños de pantallas. Por ejemplo, un yugo de 90° servirá para las pantallas de cinescopios de 17, 19 o 21 pulgadas si todos tienen el mismo ángulo de deflexión de 90°. La razón es que los tubos más grandes con el mismo ángulo de deflexión son más largos.

2.2 Alta tensión anódica

El segundo ánodo para el cañón de electrones tiene un voltaje positivo alto necesario para acelerar los electrones hacia la pantalla con el fin de lograr el brillo deseado. *Ultor* es el término común para todos los electrodos que tienen un voltaje de aceleración máximo. Los valores característicos son:

- 3 KV para un cinescopio monocromático de 1 pulgada
- 10 KV para un cinescopio de 12 pulgadas
- 20 KV para un cinescopio monocromático de 19 pulgadas
- 30 KV para un cinescopio de color de 25 pulgadas

El alto voltaje requerido para todos los cinescopios de televisiones de vista directa (*direct-view*) y los CRT de monitores de computadoras es aproximadamente 1 KV por cada pulgada en la diagonal de la pantalla, Estos voltajes son muy altos para una conexión en las terminales de la base. Podrían causar arqueos. La conexión del ultor o ánodo es una cavidad

de $\frac{1}{4}$ de pulgada de ancho en la parte amplia de la campana de la envoltura de vidrio. En ocasiones se hace referencia a esta conexión como *botón de ánodo*.

La conexión de ánodo pasa a través de la envoltura y hace contacto con una cubierta conductora dentro de la campana de cristal que se encuentra en el cuello del cinescopio. La cubierta es un material brillante aluminizado llamado *cubierta interna de Aquadg*. Los “dedos” en el ultor en la entrada del cañón de electrones hacen un contacto repentino con la cubierta interna del Aquadag en el cuello. Con éste método, el alto voltaje se aplica en el interior del cinescopio. Toda la superficie interna del cinescopio adelante del cañón de electrones incluyendo la pantalla de fósforo, tiene el potencial de alto voltaje aplicado. El potencial positivo rodea por completo el haz de electrones, de tal manera que los electrones no son atraídos hacia los lados del cinescopio. La cavidad del ultor en la campana del cinescopio tiene un diámetro aproximado de $\frac{1}{4}$ de pulgada (6.4 mm). La conexión que permite el suministro de alto voltaje se mantiene en la cavidad por medio de un sujetador de resorte. Una copa succionadora de goma alrededor de 1 pulgada (25.4 mm) de diámetro cubre la cavidad como protección contra el contacto con el alto voltaje (figura 2-2). En el caso de la Sony Trinitron, el conector ultor es un ajuste coaxial con dos valores de alto voltaje. Uno es el voltaje ultor y el otro se usa para un conjunto de placas de convergencia estática.

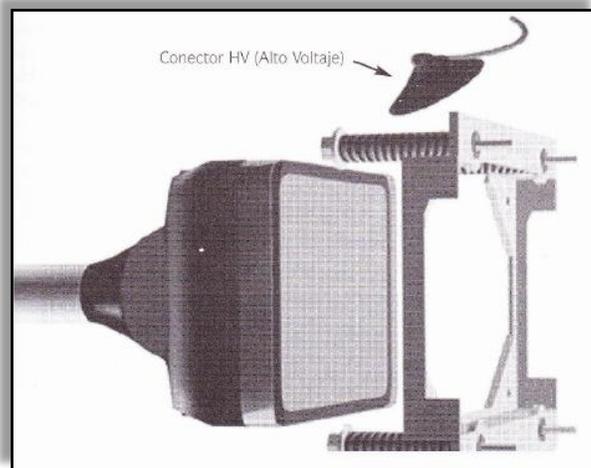


Figura 2-2 Conector HV para el botón de ánodo en este CRT de proyección. (Toshiba)

Recubrimiento conductor externo.

La superficie de afuera de la campana de cristal también está recubierta con Aquadag. Esta cubierta se conecta al chasis aterrizado por unos sujetadores de resorte o por un cable desnudo activo. La cubierta externa es un material de grafito negro y se conoce como *cuchilla externa*. Ésta es la terminal negativa de la fuente de corriente directa (cd) de alto voltaje aplicado al cinescopio. Es posible que algunos modelos no tengan el outer dag conectado directamente a la tierra del chasis; tal vez vaya a través de un circuito empleado para limitar el brillo con el monitoreo del haz de corriente. Una pequeña área circular alrededor de la conexión ultor se deja limpia sin recubrimiento externo.

Capacitancia del ánodo.

La cubierta de vidrio actúa como un capacitor formado por las cubiertas interna y externa, con el vidrio como dieléctrico. Esta construcción es similar a la jarra Leyden original, inventada y para proporcionar capacitancia. La capacitancia del ánodo es bastante alta con un valor típico de 2000 picofaradios (pF) para un cinescopio de 25 pulgadas, debida a la superficie grande. También, el grueso del vidrio proporciona un grado muy alto para el voltaje de ruptura. Esta capacitancia de ánodo forma el capacitor de filtro de suministro de alto voltaje. Se usa un suministro *flyback*, con el alto voltaje inducido durante el tiempo de retorno horizontal. Como la frecuencia de barrido horizontal nominal es igual a 15750 Hz la frecuencia de rizo es también 15750 KHz. A esta frecuencia el ánodo proporciona suficiente capacitancia para el filtrado. El capacitor de ánodo del vidrio tiene una fuga baja en extremo. Puede mantener una carga por un tiempo largo, quizá por unos cuantos meses. Siempre que se maneje el cinescopio, primero debe descargarse el capacitor de ánodo. Esto se hace por medio de un corto circuito entre la cubierta conductora externa y el botón ultor.

2.3 Fósforos de pantalla

Los fósforos de pantalla más comunes son el fósforo verde P1 para cinescopios de osciloscopio, el fósforo blanco P4 para cinescopios monocromáticos y el fósforo P22 para cinescopios de color (enumerados en la tabla 2-1). En general los químicos del fósforo son metales ligeros como el zinc y el cadmio, en forma de compuestos de sulfuro, sulfato y fosfato. Para el fósforo verde P1, se usa una forma de silicato de zinc, llamado, *willemite*. El fósforo blanco P4 combina compuestos de sulfuro de zinc, sulfuro de cadmio o silicato de zinc. En realidad, este fósforo es una combinación de amarillo y azul, dado que ningún

fósforo simple puede producir blanco. Para pantallas de color, el fósforo P22 incluye sulfuro de zinc para el azul, silicato de zinc para el verde y elementos raros como el europio e itrio para el rojo. El material de fósforo se procesa para producir partículas muy finas que se aplican en el interior del vidrio de la placa de recubrimiento. Esta cubierta muy delgada, que formará la pantalla, es una capa uniforme para cinescopios monocromáticos. En los cinescopios de color, el fósforo se deposita en puntos o líneas verticales para cada color. Pueden verse los puntos de color o líneas individuales con un pequeño microscopio portátil de potencia 50X colocándolo frente a la pantalla mientras se ve la imagen.

Los fósforos son cristales a los cuales se puede agregar un activador (Como el manganeso o la plata) para distorsionar la rejilla de cristal. Luego, los electrones de altas velocidades excitan al fósforo, lo que ocasiona que éste emita luz. Los electrones dentro de los átomos de fósforo son forzados a moverse a un nivel más alto de energía. Según van retrocediendo esos electrones a un nivel más bajo, la energía se radia. La radiación de la luz de la pantalla al ser excitada por el haz de electrones, se llama *luminiscencia*. Cuando se acaba la luz, después de la excitación, la pantalla es fluorescente. También, la *fosforescencia* es la emisión continua de luz que sigue de la excitación de la pantalla.

Número de fósforo	Color	Persistencia	Uso
P1	Verde	Media	Osciloscopio
P4	Blanco	Media-corta	Cinescopio monocromático
P22	Rojo, verde azul	Media	Cinescopio tricolor
P31	Verde	Media-corta	Osciloscopio

Tabla 2-1 Fósforos de pantalla comunes para cinescopios

Persistencia de la pantalla.

La persistencia de la pantalla significa el tiempo que le toma a la luz emitida por la pantalla en degradarse al 1% de su valor máximo. La persistencia “media” es deseable porque incrementa el promedio de brillo y reduce el parpadeo o *flicker*. Sin embargo, la persistencia debe ser mayor que 1/30 de segundo para cinescopios para que un cuadro no persista en el siguiente y haga que los objetos en movimiento se vean borrosos. El tiempo de degradación para los cinescopios es cercano a 0.005 segundos, que representa una

persistencia media corta. El fósforo P1 (verde) para cinescopios de osciloscopio generalmente tiene una persistencia mayor, 0.05 segundos.

Las distintas aplicaciones requieren diferentes persistencias para el CRT. Por ejemplo, la mayor parte de los monitores de computadora no usan el método de barrido entrelazado NTSC. Debido a que estos sistemas de barrido progresivo no tienen que cumplir con las normas de transmisión de TV, las tasas de barrido vertical y horizontal son mucho más altas; de esta manera, comparados con la TV, los monitores de computadoras muestran más cuadros por segundo y tienen resoluciones más altas. Entonces, cuando se reemplaza un CRT, debe tenerse cuidado de sustituirlo con el mismo número de tipo. Así se mantendrá la persistencia adecuada.

Como se estableció al principio de esta sección, los fósforos tricolor de un CRT de vista directa, podrán depositarse como puntos o como franjas verticales. Mientras más pequeños sean los puntos o más angostas las franjas, menor será la separación entre líneas (o número *pitch*). Mientras más pequeña sea la separación entre líneas, más alta será la resolución; sin embargo, los números *pitch* más pequeños casi siempre requieren una frecuencia de barrido más alta en los circuitos de deflexión tanto vertical como horizontal. Los problemas de *moiré* (un patrón de interferencia) ocurren en las pantallas sin una buena coincidencia entre el *pitch* y la frecuencia de barrido. Un *moiré* se ve como un tejido que se mueve despacio por la imagen ordenada.

Pantalla aluminizada.

Prácticamente todos los cinescopios actuales tienen una capa muy delgada de aluminio en la superficie interna de la pantalla de fósforo, cerca del cañón de electrones. Existen varias ventajas con este método.

Primero, la cubierta de aluminio es transparente al haz de electrones pero puede reflejar luz desde la pantalla. Después, la luz emitida en el fósforo en lugar de estar de regreso hacia el cañón, se refleja hacia el espectador. El resultado es un incremento sustancial en el brillo comparado con las pantallas no aluminizadas.

Segundo, la capa con aluminio actúa como una trampa para bloquear las cargas de iones pesados que son un producto secundario ineludible de emisión de electrones en el cátodo. Dado que estos iones pesados no se deflexionan o desvían tanto como los electrones, los iones tienden a concentrarse en el centro de la pantalla. Este efecto puede crear una mancha café, llamada *quemadura de ion*, causada por una acción química en el fósforo. Antes de

que se usaran las pantallas con aluminio, la solución era poner un imán pequeño llamado *trampa de iones*, o *desviador de haz*, en el cuello del cinescopio. El cañón de electrones se dirigía hacia afuera de la pantalla. El imán desviaba los electrones, pero no los iones, hacia el eje central. Sin embargo, esa técnica ya no se necesita con los cinescopios aluminizados.

Tercero, el refuerzo de aluminio reúne electrones secundarios emitidos por la pantalla de fósforo cuando es excitada por el haz. Como resultado, la pantalla se puede cargar al potencial ultor. Entonces, la pantalla de fósforo en realidad tiene el potencial positivo del ánodo para atraer el haz de electrones.

El “aluminizado” se hace por evaporación. Una unión de aluminio puro se evapora utilizando un haz elevado de corriente en una cámara de vacío. Las pantallas se agrupan alrededor de la unión, y el vapor de aluminio se condensa en la parte posterior de la capa de fósforo. La placa de recubrimiento de vidrio queda completa después del aluminizado. Posteriormente la capa de recubrimiento se sella con calor a la campana del cinescopio con una capa de cerámica llamada *cemento frit*.

2.4 Cañón electrónico

La figura 2-3 es un diagrama simplificado de un cañón de electrones. El cátodo es un pequeño disco de óxido metálico localizado al final del tubo angosto que cubre el excitador. Aun cuando el cátodo se calienta para producir una emisión termoiónica está eléctricamente aislado del excitador. Por consiguiente, a lo largo del eje del cinescopio se encuentra el cilindro de la rejilla de control, etiquetado como “G1”. La rejilla cubre casi por completo el cilindro del cátodo pero una pequeña apertura en G1 permite pasar a los electrones.

La polarización negativa en la rejilla de control respecto al cátodo, habilita G1 para controlar la carga espacial de electrones emitida por el cátodo. Como resultado, el voltaje de la señal de video que se aplica entre G1 y el cátodo puede modificar el flujo de corriente y modular el brillo. La rejilla de pantalla G2 también se considera el primer ánodo. Acelera los electrones en el haz por su voltaje positivo. El cilindro G2 contiene deflectores internos para restringir el haz a un camino más angosto. Después de G2 está el cilindro de enfoque G3 que forma una lente electrostática con G2 para forzar a los electrones a caminos que vayan a un punto en la pantalla de fósforo.

Pruebas de la Señal de Video en el Cinescopio de un Televisor

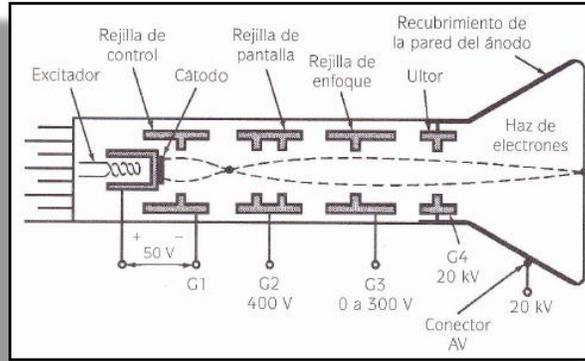


Figura 2-3 Estructura básica de un cañón de electrones que usa enfoque electrostático y deflexión magnética

Todos los cilindros están hechos de níquel o una aleación de níquel. Están soportados por barras aisladas de vidrio o cerámica paralelas al eje del cañón. Las conexiones a todos los elementos se hacen en la base de las terminales, excepto G4, que es la parte del ultor. Esta copa tiene resortes metálicos que hacen contacto con la cubierta interna de Aquadag para el voltaje del ánodo. La figura 4-4 muestra un cañón típico de electrones de un cinescopio monocromático de pantalla pequeña.



Figura 2-4 Cañón de electrones real para un cinescopio monocromático, para pantalla pequeña, que usa enfoque electrostático. La longitud del cañón es 3 pulgadas (76.2 mm) El diámetro es de ½ pulgada (12.7 mm).

Los elementos G2, G3, y G4 demandan muy poca corriente, aun cuando son positivos. La mayoría de los electrones en el haz pasan a través de las pequeñas aberturas en cada cilindro porque su estructura circular les proporciona un campo simétrico de aceleración en todos los lados del haz. Así, el haz, se mueve directo hacia la pantalla, como si los electrones fueran expulsados por el cañón como una fuente puntual. La abertura en G4 al final se puede considerar como la “boca” del cañón de electrones. Se forma un circuito completo para el haz de electrones entre la conexión del cátodo y la del ánodo para alto voltaje. El refuerzo de aluminio conectado a la cubierta interna de Aquadag y el suministro de alto voltaje recogen a los electrones secundarios liberados en la pantalla de fósforo. El cinescopio se puede considerar como un circuito en serie con el suministro de alto voltaje. El haz de electrones forma una trayectoria del cátodo a la pantalla del fósforo. Los valores típicos del flujo de corriente van de 300 a 800 μA para un cañón de electrones. Ésta es la corriente de carga para el suministro de alto voltaje conectado al ánodo. Un cinescopio de color requiere cerca de tres veces dicho valor de la corriente, debido a los tres haces de electrones que se forman; uno para cada color, rojo verde y azul.

2.5 Enfoque electrostático

Los electrones emitidos por el cátodo tienden a separarse porque se repelen unos a otros. No obstante, un campo eléctrico o magnético puede forzar a los electrones a converger. Esta acción es similar al enfoque de un haz de luz mediante lentes ópticos. Por lo tanto, el término enfoque (*focusing*) se usa para la producción de un haz angosto, donde el sistema de enfoque es una lente de un haz angosto, donde el sistema de enfoque es una lente de electrones. Se usan dos lentes de electrones. La primera es el campo electrostático entre el cátodo y la rejilla de control, que se produce por su diferencia de potencial. Este voltaje causa que el haz converja a un punto llamado *punto de cruce* localizado más allá de la rejilla de control en el punto P en la figura 2-5. La segunda lente puede ser un campo electrostático o uno magnético. Enfoca el haz justo antes del punto de deflexión. Como resultado de la acción de las dos lentes de electrones, el haz se enfoca a un pequeño punto de luz en la pantalla.

Punto de cruce.

La figura 2-5 muestra la primera lente de electrones, formada por un campo electrostático entre el cátodo y la rejilla de control. Las líneas de fuerza en la figura 2-5a tienden a empujar los electrones hacia atrás del cátodo porque la rejilla de control es negativa. Las líneas de fuerza son rectas donde el cátodo y la rejilla son paralelos.

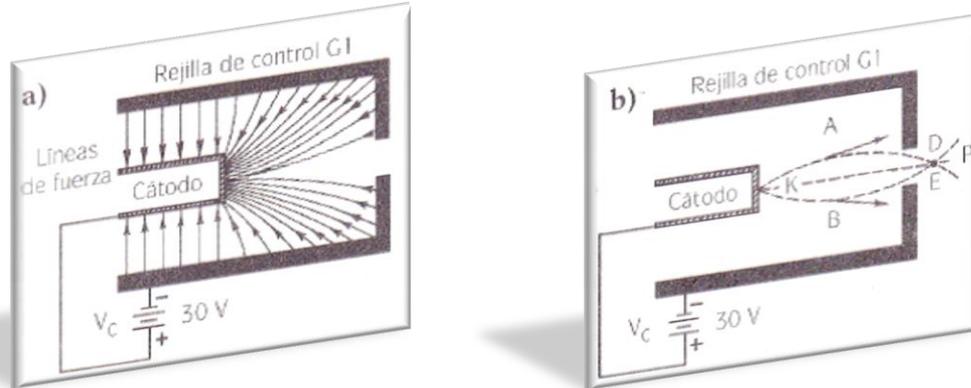


Figura 2-5 Enfoque electrostático para la primera lente de electrones entre el cátodo y la rejilla de control G1. a) Líneas eléctricas de fuerza entre G1 y el cátodo. El haz de electrones no se muestra aquí. b) Efecto sobre el haz de electrones. Los electrones divergentes del punto K se enfocan en el punto de cruce P. Las líneas de fuerza no se muestran, pero son las mismas que en a).

Las líneas rectas indican un cambio uniforme de potencial en el espacio entre la rejilla y el cátodo. Sin embargo, en donde la rejilla no tiene una distancia uniforme desde el cátodo, las líneas de fuerza se curvan. Las líneas curvas de fuerza siguen la dirección de los electrones llevados hacia atrás en la dirección del eje central. Los electrones más divergentes tienen mayor fuerza hacia el centro.

Hay que recordar que el voltaje positivo G2 y el voltaje de ánodo proporcionan una fuerza aceleradora hacia adelante. El resultado neto es que las líneas divergentes de fuerza se curvan para que los electrones pasen por la abertura de la rejilla (figura 2-5b). Después, el haz divergente se enfoca al punto P, justo después de la rejilla de control. Se ve como los electrones emitidos en la dirección KA son obligados a seguir la trayectoria curva KDP. De manera similar, los electrones de la trayectoria KB quedan forzados dentro de la trayectoria KEP. Los electrones en una trayectoria recta KP a lo largo del eje central continúan en esta dirección.

El punto focal P, es el punto de cruce producido por la primera lente de electrones. El punto P es una fuente puntual de electrones cuya imagen aparece en la pantalla, mediante la segunda lente de electrones, para lograr un punto nítido de luz. Se puede producir un buen

enfoque de esta manera porque el punto de cruce es mucho más pequeño que el área del cátodo que suministra electrones para el haz.

Segunda lente de electrones.

Se pueden usar dos métodos. Para el sistema de enfoque de alto voltaje en la figura 2-6, por lo general, el voltaje de enfoque es un quinto del voltaje del ánodo. Por ejemplo, si el voltaje de ánodo es 25000 V para un cinescopio de color de 19 pulgadas, entonces el voltaje para la rejilla de enfoque es aproximadamente

$$1/5 \times 25000 = 5000 \text{ V.}$$

Para el método de bajo voltaje de la figura 2-7, la rejilla de enfoque tiene un potencial mucho más bajo, cuyo valor típico es entre 0 y 400 V.

Enfoque de alto voltaje.

En la figura 2-6, los cilindros G3 y G4 tienen el mismo diámetro. La rejilla G4, con su alto voltaje completo, es parte del utor. Sin embargo, G3 es la rejilla de enfoque con un voltaje de varios kilovolts, o de un quinto del voltaje de ánodo. Las líneas eléctricas de fuerza se indican por las líneas curvas con flechas. Estas líneas son más densas, o gruesas, cerca del eje central debido al gradiente de campo entre las superficies. Por lo tanto, en la abertura de G3 a G4 el campo eléctrico fuerza a los electrones divergentes a moverse hacia el eje central. Este sistema de enfoque con sus cilindros G3 y G4 de diámetro uniforme es común en cañones de electrones e la mayoría de los cinescopios de tres colores. El voltaje G3 es de alrededor de un quinto, o 20%, del alto voltaje aplicado a G4. Suele proporcionarse una variable de control para el voltaje G3 para permitir un ajuste de foco preciso.

El control de enfoque se establece para las líneas de barrido más nítidas y para los pequeños detalles en la imagen. Este ajuste en el voltaje de enfoque se localiza en el transformador integrado de alto voltaje (IHVT, *integrated high-voltage transformer*), junto con el voltaje de ajuste de la pantalla. Esta ubicación es la misma para los monitores de computadora o los monitores de TV de circuito cerrado del tipo de vista directa. Los sistemas de proyección con frecuencia utilizan una combinación de enfoque electrostático, óptico y magnético.

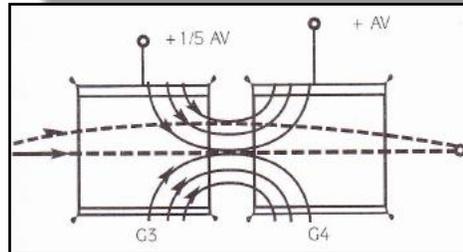


Figura 2-6 Método de enfoque de alto voltaje para la segunda lente de electrones. El haz de electrones se enfoca en la pantalla

Enfoque de bajo voltaje.

El sistema mostrado en la figura 2-7 utiliza para la rejilla de enfoque un cilindro grande colocado entre dos pequeños cilindros que tienen el potencial del ultor. De hecho los pequeños cilindros forman el ultor G4, pero se dividen en dos partes, antes y después de G3. La rejilla de enfoque G3 es de bajo voltaje entre 0 y 400 V. Como resultado, el haz de electrones entra a un campo desacelerador, aproximándose a G3, el cual hace que converjan los electrones al eje central. El sistema de enfoque se conoce como lente *unipotencial*, o de *Einzel*. Se usa en la mayoría de los cinescopios blanco y negro y en el cinescopio de color Sony Trinitron. El enfoque no es crítico en el sistema Einzel. El ajuste se hace seleccionando uno de los diversos voltajes fijos disponibles del suministro de potencia de bajo voltaje.

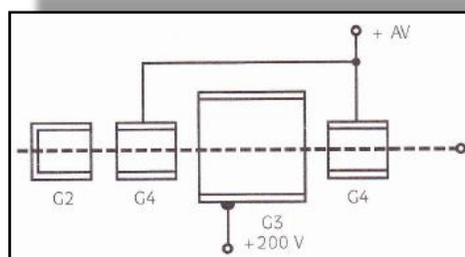


Figura 2-7 Método de enfoque de bajo voltaje para la segunda lente de electrones, que usa lentes *Einzel* o *unipotenciales* para enfocar el haz de electrones en la pantalla

2.6 Deflexión magnética

Todos los cinescopios, ya sea de color o monocromáticos utilizan la deflexión magnética con las bobinas de barrido V y H situadas en un yugo externo que rodea el cuello del tubo, en vez de la deflexión electrostática con placas internas de deflexión. A las placas de deflexión electrostáticas se les aplica un voltaje de diente de sierra. Para las bobinas de barrido magnético se necesita la corriente de diente de sierra.

La deflexión es mucho más fácil para el barrido magnético, en especial con un voltaje muy alto de ánodo utilizado para los cinescopios de imagen. En el barrido electrostático, el ángulo de deflexión es inversamente proporcional al valor del alto voltaje. Por ejemplo, al aumentar nueve veces el voltaje del ánodo se reduce el ángulo de deflexión a la novena parte. Sin embargo, con barrido magnético el ángulo de deflexión es inversamente proporcional a la raíz cuadrada del alto voltaje. Así, si se aumenta el voltaje del ánodo nueve veces se reduce el ángulo de deflexión sólo una tercera parte. La conclusión es que un cinescopio con deflexión electrostática tendrá un ángulo de deflexión demasiado pequeño y el tubo tendrá que ser demasiado largo.

En el barrido magnético se utilizan dos pares de bobinas de deflexión (ver figura 2-8). Estas bobinas están montadas externamente alrededor del cuello del tubo justo antes de la campana. El par de bobinas situadas una arriba y otra abajo del eje del haz produce la deflexión horizontal; las bobinas situadas a la izquierda y a la derecha del haz producen la deflexión vertical. El desplazamiento perpendicular es el resultado de que la corriente de cada bobina tiene un campo magnético que reacciona con el campo magnético del haz de electrones y la fuerza resultante desvía los electrones perpendicularmente al eje del haz y al campo de deflexión.

Para analizar la deflexión, recordar que la reacción entre dos campos paralelos ejerce siempre una fuerza dirigida hacia el campo más débil. Considerando primero las bobinas de deflexión horizontal de la figura 2-8. El embobinado está en un plano horizontal arriba y abajo del eje del haz. Aplicando la regla de la mano izquierda, el dedo pulgar apunta en la dirección del campo interior de una bobina cuando los otros dedos están curvados en la dirección del flujo de electrones que rodea a la bobina. Por consiguiente, el campo de deflexión del embobinado horizontal se dirige hacia abajo. Cuando el haz de electrones entra perpendicular en el papel, como indica la cruz en el centro, las líneas de campo magnético del haz están dirigidas en sentido contrario a las manecillas del reloj (antihorario) alrededor del haz en el plano del papel. A la izquierda del eje del haz, el

campo magnético está dirigido hacia abajo, en la misma dirección que el campo de deflexión; mientras que a la derecha del eje del haz, el campo magnético está dirigido hacia arriba, en sentido opuesto al campo de deflexión. Por lo tanto, el haz de electrones se desvía hacia la derecha cuando la fuerza resultante desplaza al haz hacia el campo más débil. De la misma manera, las bobinas de deflexión vertical desvían al haz de electrones hacia abajo. Las corrientes de deflexión para ambos juegos de bobinas se aplican simultáneamente, desviando el haz hacia la parte inferior derecha de la pantalla en este ejemplo.

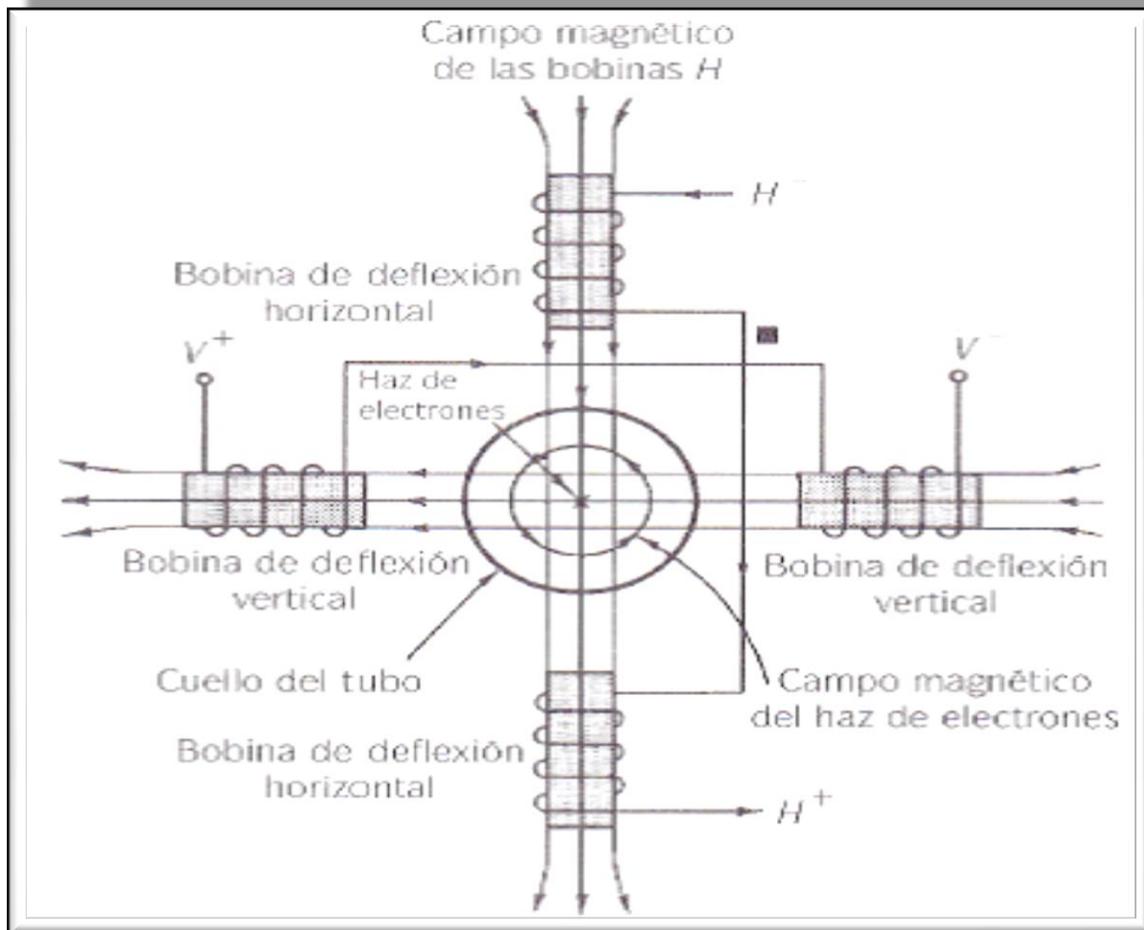


Figura 2-8 Cómo producen la deflexión los campos magnéticos de las bobinas de barrido V y H. El haz de electrones se mueve hacia abajo y a la derecha por la dirección del flujo de electrones mostrado en las bobinas.

Las bobinas de deflexión reales están enrolladas en forma de silla de montar y las cuatro bobinas en un ensamble reciben el nombre de *yugo de deflexión*. La figura 2-9 muestra la s bobinas de un yugo típico, separadas para su inspección, pero dispuestas en la posición relativa correcta. Alrededor de las bobinas hay un anillo formado por dos segmentos de material del núcleo de ferrita. Este anillo completa la trayectoria externa de las líneas de flujo magnético con la finalidad de minimizar la reluctancia total del circuito magnético. La mayor separación entre el aire y el vacío en el circuito magnético la constituye el propio cuello del cinescopio.

La tendencia hacia cuellos más estrechos en los cinescopios ha sido un progreso que hace posible mejorar los cañones de electrones. Un cuello más estrecho significa reducir la reluctancia en la trayectoria magnética. Para una intensidad dada de corriente en las bobinas se produce mayor densidad de flujo y, en consecuencia, mayor sensibilidad de deflexión. Estas ventajas se pueden usar para obtener un ángulo grande de deflexión y acortar el cinescopio, para conservar la potencia de deflexión, o para ambos.

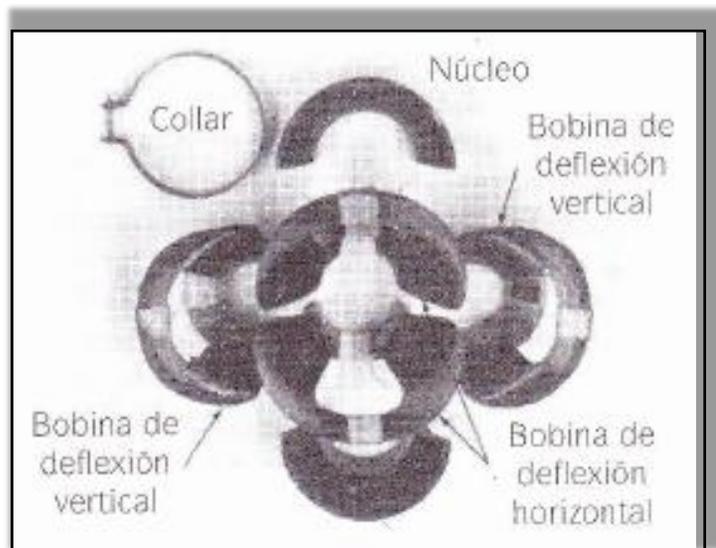


Figura 2-9 Yugo de deflexión desensamblado para mostrar las bobinas de barrido V y H. Cada bobina tiene un ancho aproximado de 2 ½ pulgadas.

Ajustes de centrado.

Debido a las tolerancias en el diseño y el montaje del cañón de electrones en el cinescopio, casi siempre existe un método para variar la posición estática del haz con deflexión nula para que el centro del barrido coincida con el centro de la pantalla. En los televisores antiguos el centrado se conseguía mediante el control por reóstato del flujo de corriente en ambas bobinas vertical y horizontal.

En este método se toma la potencia de la fuente de alimentación de cd. Hoy día, el centrado de los cinescopios monocromáticos se hace con un par de anillos magnéticos permanentes (*permanent-magnet*, PM) montados justo detrás del yugo de deflexión. En los receptores modernos de color no suelen emplearse controles de centrado. La razón es que el ajuste puede cambiar la pureza del color y la convergencia de los tres haces. No obstante, para conseguir un centrado preciso de los haces de electrones se utilizan ajustes de posición del haz para la pureza de color. Estos ajustes se hacen también con anillos magnéticos.

Distorsión de cojín.

Para un ángulo grande de deflexión las líneas de barrido tienden a expandirse en las esquinas, lo que le da un aspecto de cojín. Este mismo efecto se puede ver con proyectores ópticos que utilizan una lente de ángulo grande.

En los receptores monocromáticos la distorsión de cojín se corrige por medio de pequeños imanes permanentes incrustados en la parte anterior de la armazón del yugo de deflexión. Sin embargo, estos imanes no se pueden utilizar en los cinescopios de color porque la distorsión del campo de deflexión afecta la pureza del color y la convergencia. En su lugar, se modifica la forma de onda de la corriente de deflexión para corregir la distorsión de cojín.

Posición del yugo.

Cuando el haz de electrones entra en el campo magnético del yugo, el haz se desvía. Este proceso continúa hasta que el haz emerge del borde delantero del campo. Si pudiera verse a lo largo de la trayectoria de los electrones, parecería que se esparcen desde un solo punto (el centro de deflexión), como muestra la figura 2-10a. Es importante que este punto esté suficientemente avanzado para que los electrones no choquen con el cuello del tubo en los ángulos extremos de la deflexión.

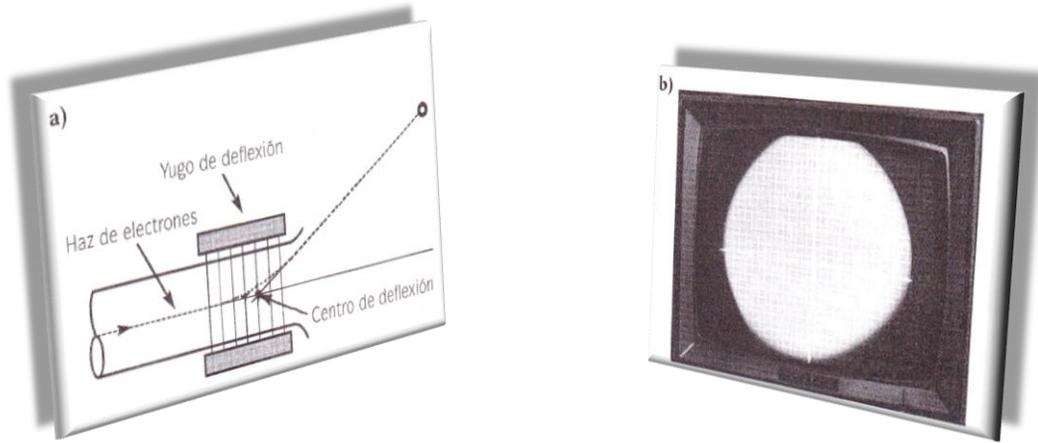


Figura 2-10 a) Centro de deflexión en la boca del cañón de electrones, donde empieza la deflexión del haz. b) Barrido circular con esquinas sombreadas debido a que el centro de deflexión está demasiado atrás. El yugo debe desplazarse hacia adelante. (Sony)

Las esquinas sombreadas del barrido, llamadas *sombra de cuello*, indican que el centro de deflexión está demasiado atrás respecto a la terminal del tubo. La figura 2-10b muestra un caso extremo en el que, por estar el yugo demasiado atrás, resulta un barrido circular. Para evitar la sombra de cuello, por lo común se desplaza el yugo hasta la parte ancha de la campana del cinescopio y luego se fija en su sitio. En los receptores de color la posición del yugo es más crítica. El ajuste de posición del yugo es de hecho uno de los ajustes para establecer la pureza de color en el cinescopio.

Por último, es importante tener en cuenta las siguientes características del yugo y su efecto sobre la imagen barrida.

1. Si se inclina el yugo (a la derecha o a la izquierda), la trama y la imagen se inclinará de la misma manera
2. La simetría del barrido rectangular es el resultado del equilibrio de las bobinas de deflexión en el yugo

En términos de problemas, recordar que cuando las líneas del barrido no son rectas, se debe ajustar el yugo. Además, si el barrido no tiene orillas paralelas (izquierda y derecha o arriba y abajo), la causa puede ser un defecto en el propio yugo de deflexión.

2.7 Cinescopio tricolor

La pantalla del cinescopio tricolor tiene fósforos rojo, verde y azul, y se utilizan tres haces de electrones, uno para cada color primario. Así, hay en esencia tres cinescopios en una sola envoltura, como se muestra en la figura 2-11. Un cañón controla los electrones que inciden sólo en el fósforo rojo. El segundo es para el fósforo verde; el tercero, para el fósforo azul. Las tríadas de puntos se forman con los fósforos de color de la figura 2-11; pero en muchos cinescopios de color se utilizan tríadas de líneas verticales de rojo, verde y azul.

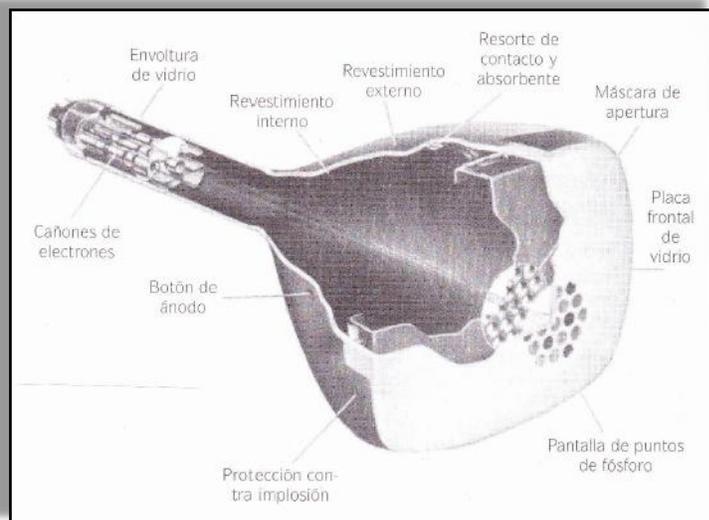


Figura 2-11 Estructura del cinescopio tricolor con tres cañones de electrones en línea para los puntos de fósforo rojo, verde y azul. La máscara de apertura tiene orificios en toda la superficie. (General Electric.)

La separación de los colores se mantiene por el principio de la máscara de sombra. La máscara es una hoja de acero perforada, montada en el dorso de la pantalla. Pueden hacerse orificios o ranuras para los puntos o líneas de fósforo. Sólo los electrones que convergen en el ángulo adecuado pueden incidir en la pantalla de fósforo para producir el color correcto. La máscara bloquea los otros electrones. En realidad se utiliza entre 20% y 30% de la corriente del haz para excitar los fósforos de la pantalla. Por esa razón, los cinescopios de color necesitan un voltaje de ánodo mucho más alto y la intensidad de la corriente del haz

es mucho mayor comparada con los cinescopios monocromáticos. La figura 2-12 muestra las componentes externas montadas en el cuello del cinescopio de color:

1. *Yugo de deflexión.* Las bobinas de barrido V y H desvían los tres haces para formar las líneas de barrido.
2. *Yugo de convergencia.* Este yugo magnético tiene ajustes individuales de cada color para que los haces converjan a través de los orificios de la máscara de sombra.
3. *Anillos magnéticos de pureza de color.* Estos anillos se ajustan para que el haz incida en la pantalla de modo que se obtenga buena pureza de color. Los dos anillos magnéticos se mueven como un ajuste de centrado para los tres haces de electrones.

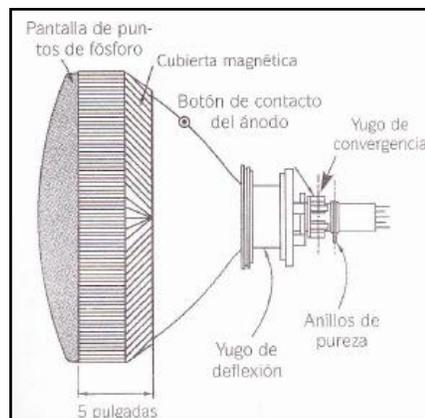


Figura 2-12 Componentes magnéticos externos montados en el cuello del cinescopio de 20 pulgadas. El yugo de convergencia y los anillos de pureza se ajustan para obtener los colores correctos.

Cañones delta.

Los primeros cinescopios de máscara de sombra producidos por RCA, utilizaron el arreglo de cañones en delta como el de la figura 2-13a. Los tres cañones de electrones están montados en los vértices de un triángulo equilátero, formando una delta (Δ).

Este sistema permite adoptar el diámetro máximo para el electrodo de enfoque en los cañones individuales, dentro del cuello del tubo. Ofrece la mejor razón entre los diámetros

de cañón a cuello. Sin embargo, la posibilidad de mantener los registros de los tres haces en todos los puntos de la pantalla se complica por el hecho de que ninguna combinación de los cañones puede estar en el mismo plano vertical u horizontal.

Cañones en línea.

Las mejoras en el diseño del cañón han conducido a un sistema alineado que se usa actualmente. Los tres cañones están en un plano horizontal en un diámetro del cuello del tubo, como se muestra en la figura 2-13b. En general, el cañón de verde está en el centro. Aunque es necesario hacer cierto sacrificio en el diámetro del cañón, el diseño hace posible mantener un excelente enfoque con un tamaño de la mancha pequeño para obtener una resolución alta en la imagen. La convergencia de color es mucho más sencilla con los cañones en línea porque uno de ellos está en el centro y los otros dos están en el mismo plano horizontal.

Cañón Sony Trinitron.

Este sistema, representado en la figura 2-13c, tiene un sistema único. Todos los electrodos están en un solo cañón de electrones, pero con tres cátodos. El G1 y las rejillas de aceleración tienen tres orificios donde se acomodan los tres haces. Estos emergen de G1 hacia el punto de cruce. Luego los haces pasan a través de una lente de Einzel de diámetro grande que enfoca a los tres con un campo eléctrico común mediante un enfoque electrostático de bajo voltaje.

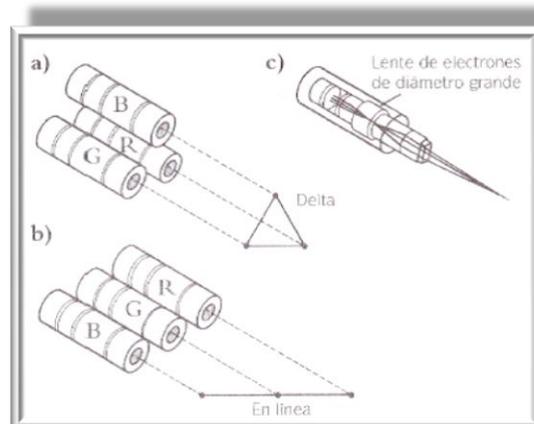


Figura 2-13 Métodos de inclusión de tres cañones de electrones en un cinescopio. a) Cañones en delta. b) Cañones en línea. c) Cañón Trinitron con tres cátodos en línea para un solo ensamble de cañón

2.8 Máscara reguladora o de sombra

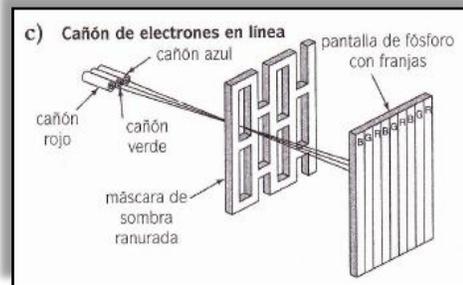
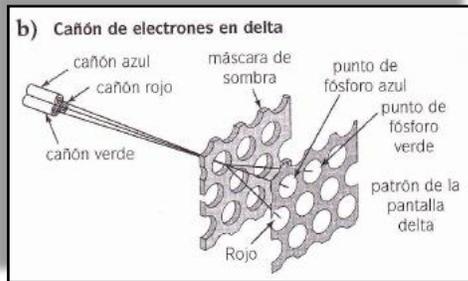
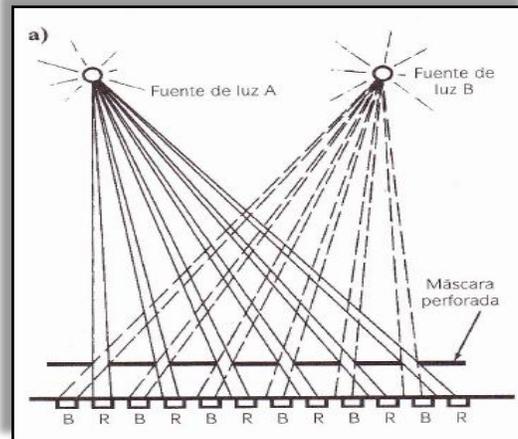


Figura 2-14 Máscara de sombra. a) Principio ilustrado con dos fuentes de luz. b) Sistema del cañón en delta que muestra los tres haces de electrones pasando a través de un orificio de la máscara de sombra y chocando con el punto de fósforo del color adecuado. c) Sistema de cañón en línea que muestra los tres haces de electrones pasando a través de una ranura de la máscara de sombra chocando con la franja de fósforo del color adecuado.

En un cinescopio tricolor los colores rojo, verde y azul se mantienen separados por la máscara de sombra. La figura 2-14a ilustra el principio de tener un haz sólo para un color. Si se suspendiera una fuente de luz encima de una placa perforada, con orificios como en un tamiz, entonces la luz de la fuente A pasaría a través de los agujeros como se muestra. (Suponiendo que estos puntos iluminados se pintan de rojo). Entonces la luz de la fuente en el punto A ilumina sólo los puntos pintados de rojo. Ahora, considerando la fuente luminosa B. A causa de su posición, la fuente B ilumina solo los puntos pintados de azul. La misma idea se puede aplicar a una tercera fuente de luz para el verde. Observar que no son las fuentes por sí mismas las que producen los colores primarios; es la máscara lo que hace que un haz sirva para el rojo, otro para el azul y otro para el verde. La posición *relativa* de las fuentes de luz respecto a la máscara es lo que determina los colores separados. Ahora considerando los haces de electrones (en especial el centro de deflexión de cada haz) en lugar de las fuentes de luz. Además, reemplazando los puntos pintados con fósforos de color. El resultado será el cinescopio tricolor con máscara de sombra que se muestra en la figura 2-14b. Esta figura ilustra el principio del método del cañón en delta. Hay que observar como los cañones se localizan en las esquinas del triangulo equilátero. Los haces de electrones pasan a través de un orificio en la máscara de sombra y llegan a los puntos de fósforo circulares del color apropiado.

La figura 2-14c ilustra el método del cañón en línea. Los cañones están en un plano horizontal entre ellos. Los haces pasan a través de una máscara de sombra ranurada y llegan a la franja de fósforo del color apropiado. La convergencia para el registro de color apropiado en el sistema en línea es más sencilla. Por lo tanto, aunque todavía se encuentre los antiguos diseños que utilizan el método delta, se verá que los CRT más nuevos utilizan el método en línea. Esta ilustración simplificada no es muy diferente del método real de producir la imagen en el cinescopio. Primero, la máscara de sombra (que no es universal, si no en realidad debe usarse en ese tubo en particular) se fija correctamente a la pantalla de fósforo. La pantalla está recubierta con un material fotosensible. La máscara consiste en una delgada hoja esférica o cilíndrica de acero que ha sido perforada por fotograbado con 300000 orificios o más. Segundo la pantalla se expone, a través de la máscara de sombra, a la luz de una fuente puntual especial llamada *tubo de faro*. Este tubo no debe confundirse con un tubo amplificador de UHF del mismo nombre.

Un juego de puntos de fósforo se coloca donde incide la luz en la pantalla a través de un orificio. Luego se graba la película de la pantalla para eliminar las áreas expuestas y el fósforo depositado en las cavidades resultantes. Esta secuencia se sigue para un color.

Después se repite el proceso para los fósforos restantes de los colores primarios, mediante la indicación mecánica de la posición de cualquiera de los tubos de faro o en el ensamble de la placa frontal. La placa frontal de vidrio es una unidad separada hasta que se une a la envoltura. Cuando se pone en servicio el cinescopio, el centro de deflexión de cada haz de electrones debe quedar colocado en la ubicación precisa de los tubos de faro utilizados al fabricar la pantalla de fósforo. Este ajuste se llama *incidencia del haz o pureza de color*. El resultado correcto produce líneas de barrido puras de rojo, verde y azul cuando se activan sucesivamente los cañones.

Casi todos los cinescopios tricolor trabajan de acuerdo con este principio de la máscara de sombra. Los orificios de la máscara pueden ser redondos, rectangulares, ovalados o pueden ser ranuras continuas. El principio fundamental es el mismo para todos y las técnicas de fabricación que usan los tubos de faro y el proceso de perforación por fotograbado son similares. La máscara de sombra es una hoja delgada de acero, pero está soportada por un armazón interno para mantener su rigidez. La figura 2-15 muestra un ensamble de máscara sacada del cinescopio. La máscara es algo transparente a los electrones o a la luz, como se puede ver. Se proporcionan alrededor de 300000 orificios. Sin embargo, solo del 20 o 30% de electrones pasan a través de la pantalla de fósforo.

Los orificios se obtienen por fotograbado con ácido en la cara de la máscara no enfrentada con el cañón de electrones. Para que sean cónicos en lugar de cilíndricos. La figura 2-15 muestra una fotografía tomada con un microscopio de 50X. La finalidad de la forma cónica es prevenir la emisión secundaria de la propia máscara. Los orificios cónicos presentan un borde afilado en el lado del cañón, de manera que los electrones que se aproximan en un ángulo oblicuo no reboten fuera de la superficie del orificio. Si ocurriera esta emisión secundaria, la imagen presentaría un halo blanco en torno a las partes brillantes de la imagen.

Sony Trinitron adopta un procedimiento diferente con tiras o franjas verticales de color en la pantalla de fósforo. En este caso, la máscara está perforada con ranuras verticales continuas. La máscara de acero es una superficie cilíndrica expandida entre los miembros superior e inferior de un fuerte bastidor de acero. Cuatro cables finos recorren horizontalmente la máscara para amortiguar cualquier movimiento mecánico de las “cintas” verticales que constituyan la máscara. Si se observa detenidamente una imagen estacionaria como la de las barras de color se verán estos cables finos.



Figura 2-15 Máscara de sombra sacada de un cinescopio de color para mostrar la transparencia de la máscara. Vista parcial transversal a través de la máscara.

2.9 Métodos de enmascaramiento de fósforo

Se dedica un esfuerzo continuo para aumentar tanto el brillo como el contraste del cinescopio tricolor, para que la imagen no aparezca desteñida, pálida por la iluminación ambiental de la habitación en que se observa la pantalla. El alto voltaje de ultray y el voltaje de la rejilla de pantalla se elevan hasta compensar parcialmente el hecho de que entre 70% y 80% de la corriente del haz es interceptado por la máscara de sombra. Además, las mejoras en el diseño del cañón de electrones han reducido el tamaño de la mancha, por lo que la densidad del haz es mayor donde los electrones chocan con la pantalla. Todos estos factores crean un “blanco más blanco” en la imagen producida. Otros progresos van en dirección opuesta, para mejorar el contraste se hace que el negro aparezca “más negro”. El problema radica en la iluminación ambiental, que limita la posibilidad de suprimir toda la luz. El método implica reducir la reflexión de la superficie de la pantalla de fósforo a la luz ambiental.

En un primer sistema se utilizó un panel de vidrio ahumado o entintado enfrente de la placa frontal. La luz de la habitación reflejada en la pantalla de fósforo atraviesa dos veces el vidrio y, por tanto, se atenúa dos veces, mientras la luz emitida por los fósforos sólo se atenúa una vez. Las mejoras recientes conciernen a la propia pantalla de fósforo. Las antiguas pantallas de fósforo tenían un color gris pálido vistas a la luz de la habitación sin imagen en la pantalla. Toda la superficie de fósforo es muy reflectora. Más aún, no toda el

área del fósforo está iluminada por el haz de electrones. La razón es que el diámetro de cada punto es algo mayor que el diámetro del haz que atraviesa el orificio de la máscara de sombra.

Cuando se hacen correctamente los ajustes de incidencia del haz y se colocan los centros de deflexión en las mismas posiciones relativas que los *tubos de faro* utilizados en la producción, los haces iluminan sólo los centros de los puntos, como se muestra en la figura 2-16a. Obsérvese que hay un margen de error. Los haces pueden estar descentrados en una distancia que corresponde a la *banda de guarda*, sin que los electrones queden fuera de la mancha.

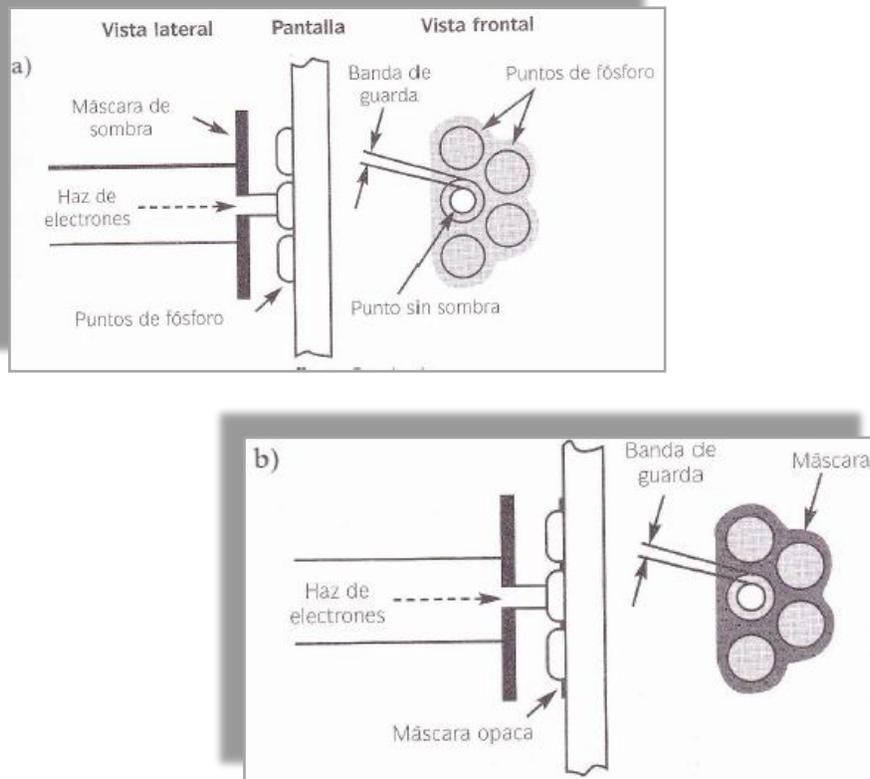


Figura 2-16 Ejemplo de una máscara opaca (negra) para el fósforo de la pantalla con la finalidad de aumentar el contraste de la imagen. a) Puntos de fósforo sin máscara. b) Máscara de la pantalla entre los puntos de fósforo.

En la figura 2-16b, la pantalla tiene una máscara negra que se agrega a las áreas entre los puntos de fósforo. Ahora existe un área opaca sustancial en la pantalla que no refleja la luz. La máscara se coloca mediante las mismas técnicas fotográficas que se emplean para situar los puntos de fósforo. Las máscaras negras y las placas frontales de pantalla muy oscura al frente de los CRT modernos dan como resultado imágenes más nítidas con un contraste exponencial.

2.10 Precauciones con el cinescopio

El cinescopio es en extremo peligroso debido a que es una burbuja de vidrio grande al vacío. Una grieta o una pequeña perforación da lugar a una violenta irrupción de aire llamada *implosión*, y la energía cinética del vidrio fracturado produce una explosión subsiguiente. La protección de los ojos con gafas o careta es crucial cuando se maneja un cinescopio. Además, deben usarse guantes gruesos que permitan asirlo con seguridad. En los aparatos de pantalla grande de vista directa, el cinescopio puede ser extremadamente pesado y difícil de manejar. En este caso. Lo mejor es colocar el receptor boca abajo sobre una alfombra o sábana y subir o bajar el cinescopio en dirección vertical hasta dejarlo en su sitio. Nunca se debe tomar el cinescopio por su cuello. Es delicado y hay que asegurarse de que no choque con la caja o con cualquier parte del chasis al instalar o sacar el cinescopio.

Precauciones de alto voltaje.

El dieléctrico de vidrio para la capacitancia del ánodo del cinescopio tiene una fuga extremadamente baja. Fuera del aparato, el ánodo puede retener una carga de varios miles de volts durante semanas. Un contacto accidental con el botón de ultor de un cinescopio cargado puede dar lugar a un toque o shock eléctrico peligroso. Además, la reacción física de una persona puede ser dejar caer el tubo, con consecuencias desastrosas. Siempre hay que descargar el cinescopio antes de sacarlo, Para hacerlo, se debe conectar una punta conductora aislada entre la tierra del chasis y la hoja metálica de un desatornillador provisto de mango de plástico. Luego, tomando el desatornillador por el mango, tocar con la hoja metálica el botón del ultor por debajo de la tapa de caucho del conector de alto voltaje. Cuando el tubo se descarga, se oirá un chasquido. Después del chasquido, se continúa descargando el tubo por varios segundos para asegurarse que se disipó toda la carga.

Un método alternativo (y más seguro) será usar un probador de voltaje. Se conecta el lado negativo del probador a la tierra del chasis y se sostiene la manija aislada. Con cuidado se desliza la punta positiva del probador de alto voltaje (*HV, high voltage*) por debajo de la caja que cubre el

conector HV (a un lado por arriba del CRT). El probador mostrará el voltaje en KV. Se debe confirmar que el alto voltaje está en cero. En seguida se sigue haciendo contacto por varios segundos después que marque cero. Se debe asegurar de que la carga almacenada en el tubo de vidrio esté completamente disipada. Algunos CRT no tienen una punta externa que va a la tierra del chasis. En estos diseños, un circuito usado para limitar el brillo está conectado entre el recubrimiento de la punta externa y la tierra del chasis. Entonces hay que asegurarse de descargar el tubo ya sea directamente o con un probador de alto voltaje (o mediante alguna otra carga resistiva recomendada), *sólo a la punta externa de la tierra del CRT.*

No hay que confiar en los cinescopios almacenados temporalmente fuera del receptor. Se debe aterrizar el botón del ultor con la técnica de la pinza de sujeción del caimán-desatornillador; pero hay que sostener el extremo contra el revestimiento de Aquadag antes y después del contacto del desatornillador con el botón del ultor.

Radiación X.

Los rayos X son una radiación invisible con longitudes de onda mucho más cortas de la de la luz visible. La exposición prolongada a los rayos X puede ser nociva. Los rayos X se producen cuando un ánodo de metal es bombardeado por electrones de alta velocidad. En general, con un voltaje de ánodo mayor que 16 KV. Los cinescopios de color con voltaje de ánodo de entre 20 y 30 KV pueden producir rayos X suaves. Los rayos X pueden venir incluso de los cinescopios monocromáticos más pequeños usados en los receptores de televisión de proyección de pantalla grande, así como en los centros de entretenimiento casero. Esta radiación es más fácil de detener que los rayos X duros producidos con voltajes de aceleración mucho más alto, hasta de 100 KV. En general, se emplean placas de plomo y de vidrio con plomo como protección contra la penetración de rayos X. Para los rayos X suaves, se puede obtener cierta atenuación con protecciones de madera, cartón, papel prensado, metales y vidrio.

Las fuentes principales de rayos X en un receptor de TV son el cinescopio (en especial la máscara de sombra metálica) y el tubo rectificador de alto voltaje, usado sólo en los aparatos muy antiguos. Los dispositivos de estado sólido. Empleados para la alimentación de alto voltaje, no producen rayos X. Los cinescopios con placa frontal mejorada para detener los rayos X puede tener la letra V o el prefijo XR en la designación del tipo. Hay que asegurarse siempre que se utiliza un reemplazo exacto del tubo, de modo que en un aparato que requiera un tubo con placa frontal de vidrio con plomo no se use en un CRT de vidrio convencional. Los receptores de televisión están diseñados para limitar el nivel de rayos X por debajo del valor prescrito por la Environmental Protection Agency (EPA) en Estados Unidos. El límite es 0.5 miliroentgen por hora (mR/h), medido

en un punto a 2 pulgadas (51 mm) de cualquier superficie del receptor. Esta dosis es muy pequeña, apenas superior al nivel normal.

Circuito de revisión (*Hold-Down*).

Para la protección contra la radiación de rayos X de los cinescopios de color el problema principal consiste en no permitir el voltaje del ánodo exceda el valor recomendado. El receptor no debe producir una imagen visible cuando el alto voltaje excede el límite especificado. Los fabricantes utilizan diferentes métodos a través de circuitos para asegurar que los límites “seguros” de radiación de rayos X no se exceden. Estos circuitos suelen llamarse *los circuitos de protección contra alto voltaje* o *circuitos de revisión*. En un método común, se desactiva la alimentación de bajo voltaje. Este suministro es la fuente usual de cd de 120 a 135 V que energiza el CI de barrido horizontal y el amplificador de salida horizontal. Sin la energía para estos circuitos horizontales, no se produce el barrido y no se aplica el alto voltaje al CRT. Hay que notar que el barrido y los voltajes bajos no se producen; así, el sistema desactivado es un sistema muerto.

Otro método sólo elimina el barrido horizontal, lo que da los mismos resultados básicos que apagar la alimentación de bajo voltaje. Un efecto similar se logra al elevar la frecuencia del oscilador horizontal lo suficiente para obtener una caída drástica del alto voltaje. Cualquier sistema que se use, el resultado final es un circuito que elimina la cantidad de alto voltaje a un nivel seguro.

2.11 Problemas con los cinescopios

Una causa natural y eventual de las fallas del cinescopio es la pérdida de emisión en el cátodo. El resultado es una imagen tenue. En un televisor de color, el desequilibrio de la escala de grises indica un cañón débil. En particular, una imagen de color cyan es indicio de un cañón de rojo débil. (Recordar que la suma de cyan y rojo produce blanco.) Aunque los problemas en el circuito de video pueden ocasionar síntomas similares, el cinescopio da algunas otras claves. Primero, en casos de tubos de emisión baja, el cátodo débil tarda más tiempo en calentarse hasta producir la emisión, por poca que sea. Un tubo que tarda media hora en dar una imagen razonable está definitivamente mal. Segundo, tal vez la imagen se inicia en color magenta, en lugar de blanco y negro, pero gradualmente se equilibra hasta producir una escala de grises neutra después de 20 o 30 minutos. Se puede crear una imagen monocromática disminuyendo la cantidad de color. Un largo tiempo de calentamiento para conseguir el equilibrio de blanco y grises es un síntoma inequívoco de emisión débil en el cañón rojo. También una escala de grises no equilibrada es resultado de una emisión débil de los cañones verde o azul. Una tercera clave de emisión baja es la

saturación hasta el límite del haz de corriente. El cátodo débil no puede suministrar suficientes electrones para las áreas brillantes de la imagen. Cuando se aumenta cualquier control de brillo o de contraste, los blancos parecen desvanecerse. Los rostros aparecen como burbujas grises sin rasgos y toda la imagen toma un tono plateado. La lámina de color XIII muestra una emisión débil y saturación hasta el límite en el cañón de rojo. Para ver la imagen producida por el cañón sospechoso se desactivan los otros dos cañones.

Cuando se reemplaza un cinescopio se puede utilizar un tubo nuevo o reconstruido. El tubo reconstruido cuesta menos porque aprovecha la envoltura de vidrio antigua, pero sus cañones de electrones son todos nuevos. Para algunos tipos de blanco y negro se debe usar un tubo reconstruido porque ya no existen tubos nuevos para el reemplazo. La figura 2-17 ilustra dos ejemplos de bases para las conexiones de las terminales de un cinescopio. Las terminales de los excitadores son la 1 y la 8 en la figura 2-17a o las terminales 1 y 14 en la figura 2-17b. (Un CRT puede tener un excitador abierto.) La “chaveta” para insertar la base está entre las terminales

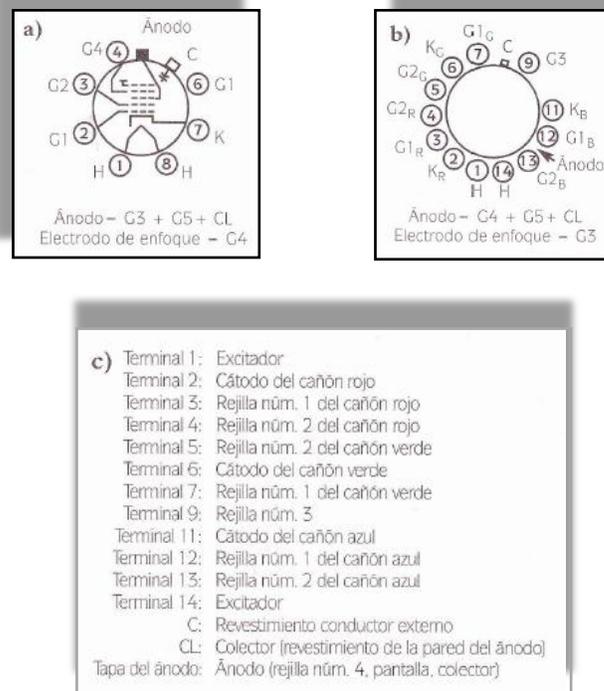


Figura 2-17 Ejemplos de bases para conexiones de las terminales de los cinescopios. a) Base de 8 terminales 8HR para cinescopios monocromáticos. b) Base de 14 terminales 14BE para tubos de color con cañones en delta. c) Lista de electrodos para base 14B.

La figura 2-18 muestra dos tipos diferentes de bases CRT, junto con el orden de numeración. Observar que hay algunas posiciones vacías en ambas bases. Aunque no hay terminal. La posición se cuenta como se muestra en la figura 2-18. La base en la parte inferior tiene una “chaveta” para identificar la posición.

Viendo el tubo desde el final de la base, las terminales se cuentan en sentido contrario a las manecillas del reloj, en orden ascendente. La base en la parte superior tiene la terminal de enfoque (número 1) aislada de las terminales cercanas debido al alto voltaje que se les aplica. (Recordar que este voltaje puede exceder los 5 KV.) Otros tubos pueden tener un espacio más ancho entre las dos terminales; en estos casos, la terminal 1 está a la derecha, o que sigue del espacio en sentido antihorario al verlo desde la base del CRT.

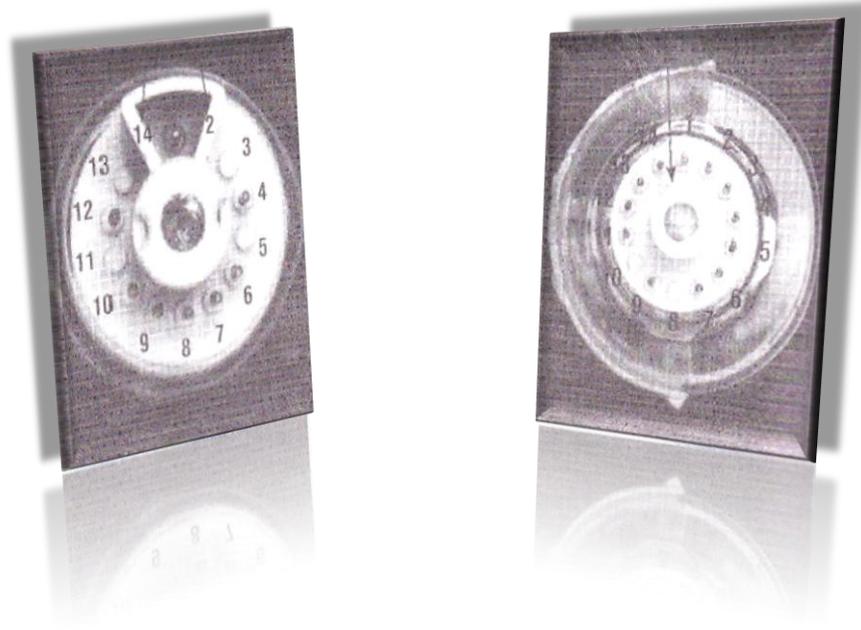


Figura 2-18 Ejemplos de dos bases de CRT diferentes que muestran la ubicación de la terminal 1 (derecha) y el orden de la numeración de las terminales (izquierda). (Sencore Electronics)

Restauración del cinescopio.

Algunas veces se puede restablecer la emisión sobrecalentando el cátodo y operando las rejillas con un potencial positivo para forzar a los contaminantes a que se desprendan de la

superficie del cátodo. La unidad representada en la figura 2-19 está diseñada para esta restauración. Sirve para probar cada cañón y procesar el cátodo para restaurar la emisión. Este tipo de probador restaurador del CRT permite probar y rejuvenecer los tubos de color o monocromáticos. Cuando se prueba el CRT tricolor, se le puede utilizar para verificar y rejuvenecer los tres cañones por separado. Compara la emisión de los tres cañones y le da un informe bueno o malo del barrido de color. Puede buscar cortos circuitos. Ayuda a eliminar los cortos circuitos entre la rejilla 1 (la rejilla de control) y el cátodo. El modelo mostrado puede probar los tubos de proyección de TV al igual que los tubos del osciloscopio. La restauración del CRT resuelve la mayoría de los problemas de emisión baja del cátodo o cortos circuitos entre la rejilla y el cátodo. No todos los problemas se pueden resolver; pero el tubo en cuestión debe ser reemplazado de cualquier manera.

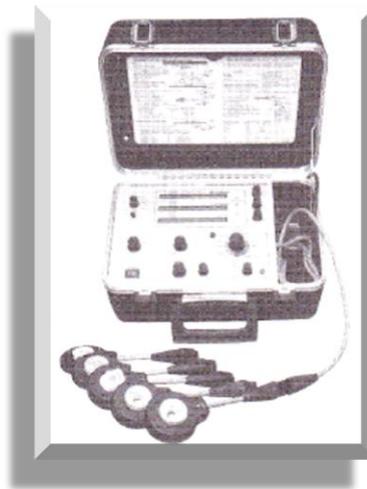


Figura 2-19 Probador y restaurador de CRT. Modelo Sencore CR7000 "Beam-Rite", analizador y rejuvenecedor universal de CRT. (Sencore Electronics).

Cortocircuito entre rejilla y cátodo.

Un cortocircuito entre el cátodo y la rejilla de control (G1) es un problema común. La consecuencia es que no hay imagen, pero hay una línea de barrido brillante y el control de brillo no tiene efecto. La razón de la línea de barrido brillante es que el cortocircuito reduce a cero la polarización del cinescopio.

En algunos casos la corriente del haz es tan intensa que la fuente de alto voltaje puede estar cargada en exceso. En este caso, los síntomas son ausencia de la línea de barrido con poco o ningún alto voltaje. Sin embargo, volverá a haber alto voltaje si se desconecta el conductor del ultor del cinescopio. Algunos diseños de circuitos tienen un circuito que limita el brillo mediante el control de la corriente del haz, por lo tanto, hay que recordar siempre consultar el manual de servicio.

Cortocircuito entre el excitador y el cátodo.

Este cortocircuito también puede reducir a cero la polarización del cañón afectado si la polarización está aterrizada a través del circuito del excitador. Por lo común la restauración no puede (y no debe) intentarse para este tipo de cortocircuito. Este cortocircuito probablemente produzca un filamento abierto. El transformador del aislamiento de filamento debe considerarse como una opción para resolver el problema del circuito.

Arco interno.

El arco interno entre los electrodos del cinescopio se puede ver y oír. A menudo se deterioran los transistores amplificadores asociados debido a los arcos de alto voltaje en el cinescopio. Para protección, es común utilizar descargadores en los circuitos que alimentan el cátodo del cinescopio, G1, G2 y G3. Algunos circuitos de CRT anteriores usan una lámpara de neón como protección contra el sobre-voltaje de las componentes de los circuitos de activación del CRT. En otros circuitos, un voltaje de polarización de cd se aplica al excitador para mantener su potencial cercano al voltaje de cátodo. La finalidad es minimizar el arco entre el cátodo y el excitador. Un cinescopio nuevo puede hacer arco algunas veces después de instalarlo, en especial si hay un cambio de temperatura de frío a tibio. Sin embargo, si persiste el arco interno debe reemplazarse el cinescopio.

Gasificación y pérdida de vacío.

Un sello agrietado, con la pérdida consecuente de vacío, puede producir síntomas sutiles. Cuando la cantidad de gas es pequeña, aparece un destello púrpura azulado alrededor de los electrodos del cañón de electrones. La pérdida completa de vacío como resultado de una fuga lenta produce la condición de “ausencia de barrido”. El aparato puede comportarse como si no tuviese alto voltaje. La razón es que la fuente de alto voltaje tiene una corriente de carga excesiva y con frecuencia falla por eso. Cuando se repara la fuente de alto voltaje, la falla recurrirá, a no ser que se cambie el cinescopio para corregir el problema. La clave del problema es que los excitadores absorben la corriente del filamento

pero no se ve brillo. Debe verificarse la fuente de alto voltaje con el cinescopio desconectado. Si el alto voltaje disminuye al desconectar el cinescopio, se puede sospechar que este es el origen del problema.

Excitador en circuito abierto.

Las consecuencias de un excitador en circuito abierto son ausencia de brillo y de líneas de barrido. El problema se puede verificar mirando la base del cañón dentro del cuello de vidrio para ver si el filamento está encendido. En la mayoría de los cinescopios de color con tres cañones, los tres excitadores están conectados en serie. Un circuito abierto en uno de los excitadores hace que los tres estén apagados. (Éste no es un problema común en los cinescopios.)

Quemado de la pantalla.

El fósforo cambia gradualmente con el uso. Entonces la pantalla toma un color marrón. Como el decoloramiento tiene una distribución uniforme, rara vez se nota. En general antes de que el quemado de la pantalla sea un problema, ocurren otros que requieren reemplazar el cinescopio. Sin embargo, en algunas aplicaciones de estudio en que un solo patrón de pruebas, como las barras de color, se mantiene en la pantalla todos los días durante periodos largos, el quemado de la pantalla se puede apreciar como un patrón débil aunque se desplieguen otras señales. No hay otro remedio para este problema que cambiar el cinescopio.

Mancha continua.

Esta mancha o punto luminoso permanece en el centro de la pantalla durante algunos segundos después de apagar el receptor. Esta *luminiscencia residual* se produce porque el voltaje del cátodo se mantiene en la capacitancia del filtro del ánodo. Por lo común, esta mancha no deteriora la pantalla porque permanece por un tiempo corto. Una manera de eliminar la luminiscencia residual es aumentar el control de brillo para que la corriente del haz sea máxima antes de apagar el receptor. Entonces se puede descargar rápidamente el alto voltaje. Este problema no es serio, debido a que la mayoría de los fabricantes han incluido circuitos que mueven el haz después de “apagado”. (También, se pueden utilizar otros circuitos para eliminar esta mancha.)

TEMA 3

LA IMAGEN EN EL CINESCOPIO

Aunque parezca que las imágenes se mueven en la pantalla de una televisión, en realidad se esta reproduciendo una imagen inmóvil y como una serie sucesiva de imágenes se muestra con rapidez; se da la ilusión de imágenes en movimiento. La cinematografía emplea el mismo concepto. Cada imagen es un grupo de pequeñas áreas de luz y sombra. La figura 3-1b está amplificada para mostrar los detalles en los ojos de la imagen fija de la figura 3-1a. Durante la emisión, los puntos de luz y sombra que varían corresponden a la señal de video que envía información de la imagen. Cuando las variaciones son de un color blanco, gris y negro; es cuando la reproducción se llama monocromática. Mientras que la televisión de color tiene contornos en blanco y negro para los detalles de la imagen y con relleno de color rojo, verde y azul en las principales áreas de la escena.

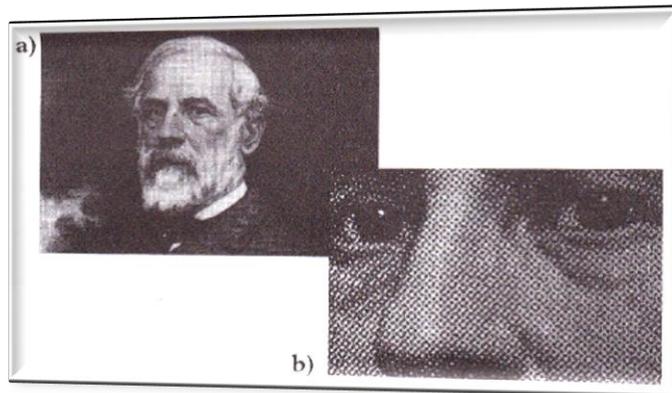


Figura 3-1 a) Información fija de una imagen. b) Vista amplificada que muestra a los elementos individuales de los ojos.

3.1 La imagen en el cinescopio

Una imagen fija se compone, como se mencionó, de muchas áreas pequeñas de luz y sombra. En una fotografía, pequeños granos fijan las diferencias de luz y sombra necesarias para reproducir la imagen. Cuando se imprime la fotografía a partir de un fotograbado, existen muchos puntos negros pequeños impresos que forman la imagen. Al observar la imagen amplificada de la figura 3-1b, puede verse que la imagen impresa se compone de pequeñas áreas elementales de luz y sombra. Esta estructura básica es evidente en las fotografías del periódico. Si la página se examina de cerca, se verán los puntos porque los

elementos de imagen son relativamente grandes. Cada pequeña área de luz o sombra se llama elemento de pintura *pixel* o *pel* (*picture element*). Todos los elementos juntos contienen la información visual de la escena. Si se transmiten y reproducen con el mismo grado de luz y sombra que el original y en la posición adecuada, entonces se reproduce la imagen. Como ejemplo, supongamos que se desea transmitir por televisión la imagen de una cruz sobre un fondo blanco (figura 3-2). El fondo es blanco y los pixeles que forman la cruz son oscuros. Cuando se transmite cada elemento de la imagen al lado derecho de la figura y se reproduce en el cinescopio de un televisor, en su posición original con su tono de blanco u oscuro, la imagen se duplica.

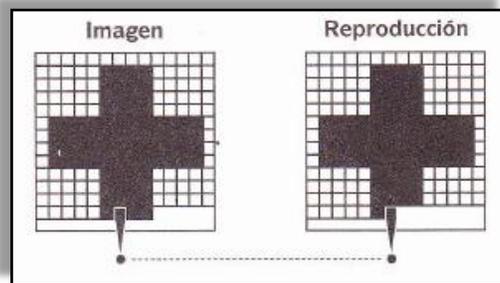


Figura 3-2 Reproducción de una imagen en el cinescopio de un televisor, duplicando sus elementos de imagen.

3.2 Barrido horizontal y vertical

Una imagen de televisión se barre en una serie secuencial de líneas horizontales, una bajo la otra (figura 3-3). Este barrido hace posible que una señal de video incluya todos los elementos de una imagen completa. En un instante la señal de video puede mostrar sólo una variación. Con la finalidad de tener una señal de video para todas las variaciones de luz y sombra, todos los detalles de imagen se barren en un orden secuencial de tiempo. El barrido hace que la reproducción de una imagen de televisión sea distinta de la de una fotografía. Cuando se toma una foto, toda la imagen se reproduce al mismo tiempo y en la emisión de televisión la imagen se reproduce gracias al barrido.

En la emisión de televisión, la imagen se reensambla línea por línea y cuadro por cuadro. Este factor de tiempo explica por qué una imagen de TV puede aparecer con la estructura lineal descompuesta en segmentos diagonales y también puede parecer que los cuadros giran hacia arriba o hacia debajo de la pantalla. La imagen de TV se barre o explora de la misma manera que se lee una página de texto; se cubren todas las palabras en una línea y todas las líneas de la página. Al comenzar en la esquina superior izquierda en la figura 3-3, todos los elementos de imagen se barren en un orden sucesivo, de izquierda a derecha y de arriba abajo, una línea a la vez. Este método se denomina *barrido lineal horizontal*. Se emplea en cinescopio del receptor para reensamblar la imagen reproducida.

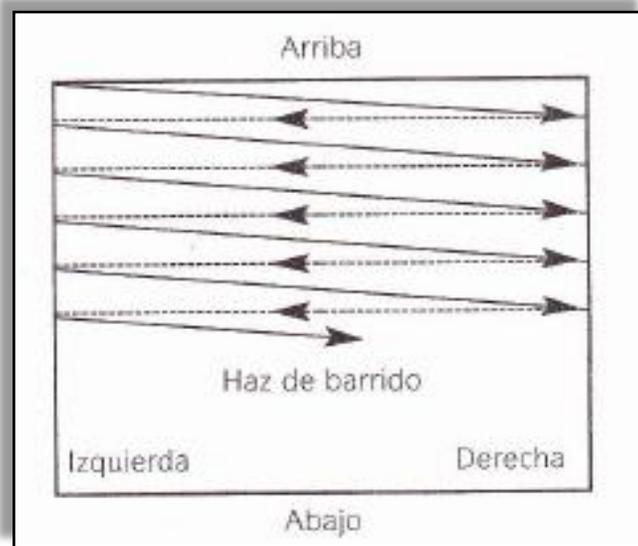


Figura 3-3 Cómo se realiza línea por línea el barrido horizontal

La secuencia para el barrido de todos los elementos de una imagen es la siguiente:

1. El haz de electrones barre una línea horizontal, cubriendo todos los elementos de imagen que tiene la línea.
2. Al final de cada línea, el haz regresa rápidamente al extremo izquierdo para comenzar el barrido de la siguiente línea horizontal. El tiempo de regreso se llama

tiempo de retorno (flyback). No se barre la información de imagen durante el retorno porque tanto el tubo de cámara como el tubo de imagen están en blanco, es decir, sin información de imagen durante ese periodo. Así, los retornos deben ser muy rápidos porque son tiempos muertos en términos de transmisión de información de imagen.

3. Cuando el haz regresa al extremo izquierdo, su posición vertical baja para que el haz no repita el barrido de la misma línea. Como resultado de este barrido vertical, todas las líneas horizontales se inclinan un poco de arriba abajo. Cuando el haz se encuentra abajo el retorno vertical regresa al haz a la parte superior para comenzar la secuencia de barrido de nuevo. Todo este proceso es muy rápido de modo que el ojo humano no lo percibe, sólo ve la imagen completa.

Líneas por cuadro.

El número de líneas barridas para una imagen completa debe ser grande, con la finalidad de incluir el mayor número de elementos de imagen y por ende más detalle. Sin embargo, otros factores limitan esa cantidad. El estándar es 525 líneas barridas para una imagen o cuadro completo. Éste es el número óptimo para el ancho de banda estándar de 6 MHz de los canales de emisión de televisión.

Cuadros por segundo.

Como se mencionó, el haz se mueve en forma lenta hacia abajo mientras se realiza el barrido horizontal. Este movimiento vertical del barrido es necesario para no barrer las líneas una encima de otra. El barrido horizontal produce líneas de izquierda a derecha, mientras que el vertical distribuye las líneas para completar el cuadro de arriba abajo. El tiempo para formar un campo completo de 525 líneas barridas es de $1/30$ segundo y de este modo la velocidad de repetición de la imagen es de 30 cuadros por segundo.

3.3 Información de la señal de video

En la información de una señal de video, la amplitud de la tensión y de la corriente cambia respecto al tiempo como en una señal de corriente alterna; por lo que se le puede aplicar a un televisor con un generador de funciones, como se muestra en la figura 3-4.

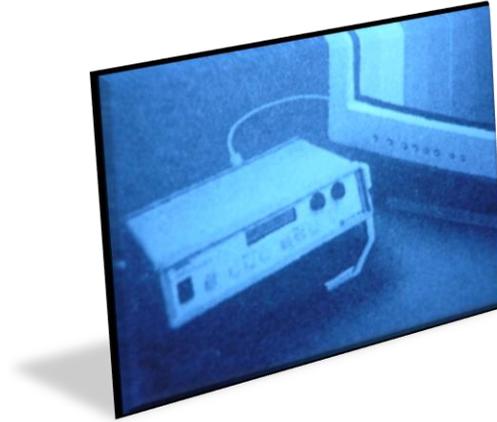


Figura 3-4 Generación de una señal de video

Pensemos que la señal de la figura 3-5 es el resultado del barrido mostrado en la figura 3-3 para la imagen de la figura 3-2. La señal de video muestra la información de claro y oscuro para una línea de barrido horizontal en el centro de la cruz. En el lado izquierdo la información es blanca, después la información es oscura un tiempo mayor en el centro y por último, la información se vuelve blanca de nuevo al final de la línea en el lado derecho; de esta forma se produce una señal de video para las líneas de barrido horizontales en toda la imagen. También la figura 3-5 muestra la señal de video con polaridad positiva (parte alta del pulso) para lo blanco, y negativa (parte baja del pulso) para lo negro. Sin embargo, dichas polaridades pueden estar invertidas pero lo principal es que la información en blanco y negro de la imagen debe tener opuestas polaridades en la señal de video.

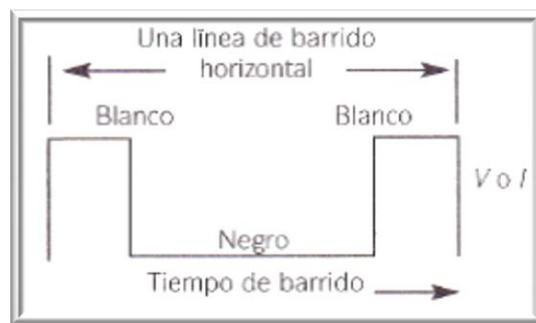


Figura 3-5 Información de la señal de video para el barrido de una línea horizontal.

Las 525 líneas del barrido se exploran en $\frac{1}{30}$ de segundo, por lo tanto, los cuadros se repiten a una frecuencia de 30 Hz debido a que 30 Hz es la mitad de la frecuencia de la línea de alimentación que entrega la Comisión Federal de Electricidad (CFE) y que dichos televisores la convierten en directa mediante una fuente de media onda o de onda completa. Se puede presentar una frecuencia de rizo en estas fuentes por la componente alterna de 60 Hz. Estas frecuencias se relacionan armónicamente con la velocidad de cuadros de 30 Hz y entonces el rizo no causará distorsiones excesivas en la imagen.

La señal de video se produce en un tubo de cámara, el cual es un dispositivo transductor que convierte la luz de la imagen en señales eléctricas. Los tubos de cámara antiguos eran dispositivos en forma de bulbo y en la actualidad los dispositivos de captación son elementos de estado sólido conocidos como dispositivos de acoplamiento de cargas CCD (*charge-coupled device*). Un dispositivo de captación convierte la información de una imagen de video que tiene la forma de variaciones de luz, en variaciones eléctricas. El tubo de cámara incluye una placa de imagen fotoeléctrica para la conversión de luz. También, el haz de electrones se mueve sobre la placa de la imagen para barrer todos los elementos de la imagen y de hecho, la forma de onda mostrada en la figura 3-5 es de una señal de dicha cámara.

Para el efecto contrario, un cinescopio puede reconstruir la imagen en su pantalla fluorescente, en donde la señal de video hace variar la intensidad del haz de acuerdo con la información de la imagen. La corriente máxima del haz produce blanco. El negro corresponde a una corriente de haz nula. Esto se ve como negro, comparado con las partes blancas de la pantalla. También, el yugo de deflexión alrededor del cuello del tubo proporciona el barrido para llenar la pantalla con la imagen completa.

La señal de video es el medio por el cual se transmite la información de la imagen de un lugar a otro. El principal requisito es obtener la información de imagen de la salida de la cámara a la entrada del cinescopio. Los métodos comunes utilizados son:

1. Televisión de circuito cerrado
2. Grabación de video, en cinta magnética o disco láser
3. Difusión de televisión
4. Televisión vía satélite
5. Video convertido o almacenado en formato digital

3.4 Frecuencias de cuadro y de campo

En la televisión, como en el cine, no sólo se divide cada imagen en sus muchos elementos individuales de imagen, también la escena se barre con suficiente rapidez para proveer suficientes imágenes o cuadros completos por segundo y dar la ilusión de movimiento. Sin embargo, en lugar de la rapidez de 24 cuadros por segundo empleada en las películas, los sistemas de televisión emplean una velocidad de repetición de 30 cuadros por segundo. Esta tasa de repetición proporciona la continuidad de movimiento requerida.

La velocidad de repetición de imágenes de 30 cuadros por segundo aún no es tan rápida como para eliminar el parpadeo en los niveles de luz producidos por la pantalla del cinescopio. De nuevo, la solución es similar a la empleada en el cine. En la televisión cada cuadro se divide en dos partes para que se presenten 60 vistas de la escena por segundo. No obstante, la división de un cuadro en dos partes no puede lograrse simplemente con un obturador, como en el cine, se obtiene el mismo efecto entrelazando las líneas de barrido horizontales en dos grupos, uno con las líneas impares y otro con las pares. Cada grupo de líneas pares o impares se denomina *campo*. La velocidad de repetición de los campos es 60 imágenes por segundo, porque se barren dos campos durante un periodo de cuadro de $1/30$ de segundo. De esta manera, se muestran 60 vistas de la imagen durante un segundo. Esta velocidad de repetición es suficientemente rápida para eliminar el parpadeo. Se elige la velocidad de repetición de 30 cuadros para la televisión, porque el suministro de energía eléctrica en Norte América es de corriente alterna a 60 Hz y cuando la velocidad de los cuadros es de 30 por segundo, la velocidad de los campos es igual a la frecuencia de la línea de energía eléctrica de 60 Hz. En los países donde la frecuencia en la línea de alimentación es de 50 Hz, la velocidad de cuadro es de 25 Hz, lo que origina una frecuencia de campo de 50 Hz.

3.5 Frecuencias de barrido horizontal y vertical

La velocidad de campo de 60 Hz es la frecuencia de barrido vertical. Esta es la rapidez a la que el haz de electrones completa sus ciclos de movimiento vertical, de arriba abajo, y luego de regreso hacia arriba. De este modo, los circuitos de deflexión vertical para el dispositivo de captación de cámara o para el cinescopio, operan a 60 Hz. El tiempo de cada ciclo de barrido vertical para un campo es $1/60$ de segundo.

El número de líneas de barrido horizontales en un campo es la mitad del total de 525 líneas para un cuadro completo, pues un campo contiene líneas alternadas. Esto da 262.5

líneas horizontales para cada campo vertical. Como el tiempo para un campo es $\frac{1}{60}$ de segundo y como un campo tiene 262.5 líneas, el número de líneas por segundo es:

$$262.5 \times 60 = 15750$$

O bien, si se consideran 525 líneas para un par sucesivo de campos (lo cual es un cuadro), se puede multiplicar la rapidez de cuadros de 30 por 525, que da el mismo resultado de 15750 líneas barridas en 1 segundo. Esta frecuencia de 15750 Hz es la velocidad a la que el haz de electrones completa sus ciclos de movimiento horizontal, de izquierda a derecha, y de regreso a la izquierda. Por lo tanto, los circuitos de deflexión horizontal para el tubo de cámara o el cinescopio operan a 15750 Hz.

Entrelazar dos campos significa barrerlos en orden sucesivo, como se muestra en la figura 3-6. El trazo empieza en la esquina superior izquierda, con la línea uno, como se muestra en la figura 3-6a. Cuando el haz llega al extremo derecho del tubo, visto desde el frente, el voltaje de la señal apaga el haz y se realiza el regreso al lado izquierdo. Este rápido regreso se llama *tiempo de retorno* (*flyback time*). Notar que al mismo tiempo que el haz se mueve en sentido horizontal, también lo hace en el vertical de arriba hacia abajo y esta situación causa una ligera inclinación de las líneas. Cuando el haz llega al lado izquierdo, la señal activa el trazo de nuevo para escribir la información de la señal de video de la línea 3. Este proceso continúa para todas las líneas impares, incluida media línea al final de la pantalla, un total de 262.5 líneas para el campo impar. El voltaje de la señal interrumpe el haz de nuevo mientras el retorno vertical lleva al haz de regreso a la parte superior de la pantalla. En este punto, el voltaje de la señal vuelve a activar el haz y comienza el trazo con media línea en la parte superior de la pantalla. Luego se barre la línea 2 a la mitad entre las líneas 1 y 3; este efecto se muestra en la figura 3-6b. De nuevo, el haz está inactivo durante el retorno. El proceso continúa con todas las líneas pares barridas; un total de 262.5 líneas para el campo par. Estos dos campos, impar y par, forman un cuadro. Éste es una imagen completa de 525 líneas. El proceso se denomina barrido entrelazado horizontal. Aunque el entrelazado puede parecer un proceso complejo, en la realidad se hace de manera automática con las dos características siguientes:

- a. La frecuencia de barrido vertical se duplica, de la frecuencia de cuadro de 30 Hz, a la frecuencia de campo de 60 Hz.
- b. El número de líneas de barrido horizontal por cuadro se queda en 525.

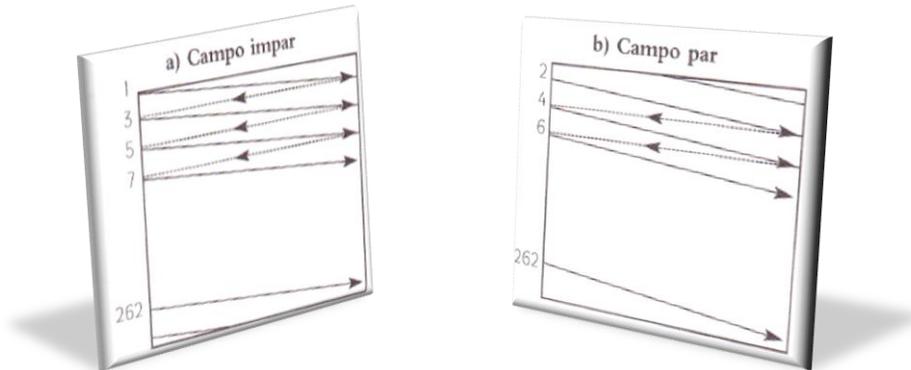


Figura 3-6 a) Barrido del campo impar a 262.5 líneas. b) Barrido del campo par a 262.5 líneas

El entrelazado necesita un número impar de líneas para un número par de campos. En los cinescopios de las computadoras, el barrido casi siempre se realiza sin entrelazado porque las líneas se barren en orden progresivo y, por lo tanto, este método se conoce como *barrido progresivo*.

Tiempo de línea horizontal.

El tiempo H para cada línea de barrido horizontal es $1/15750$ segundos y en términos de microsegundos se calcula con la ecuación siguiente:

$$\text{Tiempo H} = 1000000 / 15750 \mu = 63.5 \mu\text{s}$$

El tiempo en microsegundos indica que la señal de video para los elementos de imagen dentro de una línea horizontal tiene un alto valor de frecuencia, el cual se puede calcular con la ecuación siguiente:

$$F = 1 / 63.5 \mu\text{s} = 0.0157 \text{ MHz.}$$

Si hubiera más líneas, el tiempo de barrido sería menor y se obtendrían frecuencias de video mayores. En realidad, en el sistema de 525 líneas, la mayor frecuencia de video está limitada a cerca de 4.2 MHz, debido a la restricción de 6 MHz que deben de tener los canales de televisión comercial.

Las frecuencias de barrido de 15750 Hz y 60 Hz son *exactas* para la televisión monocromática, pero sólo *aproximadas* para la televisión de color. En la difusión de color, la frecuencia de barrido horizontal de líneas es exactamente 15734.26 Hz, y la frecuencia de barrido vertical de campos es de 59.94 Hz. Estas frecuencias de barrido exactas se usan para minimizar la interferencia entre la señal suportadora de color a 3.579545 MHz y la señal de luminancia (monocromática).

3.6 Sincronización horizontal y vertical

El tiempo utilizado para realizar el barrido corresponde a la distancia de la imagen, ya que a medida que el haz de electrones en el tubo de cámara barre la imagen, el haz cubre diferentes elementos y envía la información de imagen correspondiente. Por lo tanto, cuando el haz de electrones barre la pantalla del cinescopio en el receptor, el barrido debe estar exactamente sincronizado para poder ensamblar la información de imagen en la posición correcta. De otra manera, el haz de electrones en el cinescopio podría estar barriendo la parte de la pantalla que corresponde a la boca de una persona, mientras la información de imagen recibida en ese instante corresponde a su nariz.

Para mantener al equipo transmisor y receptor en barrido escalonado, deben transmitirse pulsos de señales llamados de sincronía durante el tiempo de borrado, es decir cuando no se transmite la señal de información de la imagen hacia el receptor porque se borra durante este lapso, mientras el haz de electrones retorna. Un pulso de sincronización vertical al final de cada campo determina el inicio de retorno horizontal. De manera importante, la sincronización se da al principio del retorno o al final del trazo, no al inicio del trazo. El retorno horizontal del haz de electrones de barrido comienza en el lado derecho de la imagen. La sincronización vertical al final de cada campo determina el inicio del retorno vertical, En este punto, el haz de electrones que realiza el barrido está en la parte inferior de la imagen. Sin la sincronización de campo vertical, la imagen reproducida en el receptor no se mantiene fija en el sentido vertical y se mueve arriba o abajo en la pantalla del cinescopio. Si las líneas de barrido no se sincronizan, la imagen no se detiene en el sentido horizontal, se desliza a la izquierda o a la derecha, y después se separa en segmentos diagonales.

3.7 Borrados horizontal y vertical

El término *borrado (blanking)* significa pasar a un color negro, es decir, ennegrecer la pantalla del cinescopio. Como parte de la señal de video, la tensión de los pulsos de borrado

se encuentra en el nivel de negro y la tensión de video en el nivel de negro corta la corriente del haz en el cinescopio para eliminar la luz de la pantalla. El propósito de los pulsos de borrado es hacer invisibles los regresos requeridos para el barrido. Los pulsos horizontales a 15750 Hz borran el retorno de derecha a izquierda en cada línea del haz. Los pulsos verticales a 60 Hz borran el retorno de abajo arriba de cada campo.

El tiempo necesario para el borrado horizontal es aproximadamente 16% del tiempo de cada línea horizontal H y el tiempo horizontal de $63.5 \mu\text{s}$ incluye el trazo de la imagen y el retorno. El tiempo de borrado para cada línea, entonces es igual a $63.5 \times 0.16 = 10.2 \mu\text{s}$. Este tiempo de borrado H significa que el retorno de derecha a izquierda debe hacerse en $10.2 \mu\text{s}$, antes del inicio de la información de la imagen visible, durante el barrido de izquierda a derecha. El tiempo para el borrado vertical V se aproxima a 8% del tiempo de cada campo vertical V. El tiempo total vertical es $1/60 \times 0.08 = 0.0013$ segundos. Este tiempo de borrado significa que en un lapso de 0.0013 segundos (1.3 ms), el retorno vertical debe completarse de abajo arriba de la imagen. El retorno ocurre durante el tiempo de borrado debido a la sincronización del barrido. Los pulsos de sincronización determinan el inicio de los retornos. Cada pulso de sincronización horizontal se introduce en la señal de video dentro del tiempo de pulso de borrado horizontal. También, cada pulso de sincronización vertical se introduce en la señal de video dentro del tiempo del pulso de borrado vertical.

En resumen, primero un pulso de borrado lleva la señal de video al nivel de negro; luego una señal de sincronización inicia el retorno en el barrido. Esta secuencia se aplica al retorno tanto horizontal como vertical.

3.8 La señal de color de 3.58 MHz

El sistema para la televisión de color es el mismo que el monocromático, excepto que también se usa la información de color de la escena. Este proceso se logra al considerar la información de imagen en términos de rojo, verde y azul.

Cuando se barre la imagen en el tubo de cámara, se producen señales de video separadas para la información de la imagen en rojo, verde y azul. Los filtros ópticos de color separan los colores para la cámara. Sin embargo para la difusión de los canales de televisión estándar de 6 MHz, las señales de video en rojo, verde y azul se combinan para formar dos señales equivalentes, una para brillo y otra para color. En particular, las dos señales transmitidas son como se describe a continuación:

1. **Señal de luminancia.** Esta señal contiene sólo las variaciones de brillo de la información de imagen, incluye detalles finos como en una señal monocromática. La señal de luminancia se utiliza para reproducir la imagen en blanco y negro, o *monocromática*. Por lo general, se denomina *señal Y*.
2. **Señal de crominancia.** Esta señal contiene la información de color y se transmite en forma modulada, a través de la modulación en amplitud llamada *dobles banda lateral portadora suprimida DSBSC (double sideband suppressed carrier)*. La frecuencia de la portadora es exactamente a 3.579545 MHz, que en un valor redondeado se considera de 3.58 MHz y entonces 3.58 MHz es la frecuencia para color y suele llamarse *señal C* por el termino de crominancia o croma.

En el receptor de un televisor de color, la señal cromática se combina con la señal de luminancia para recuperar las señales originales en rojo, verde y azul. Luego éstas sirven para reproducir la imagen de color en la pantalla de un cinescopio cromático. La pantalla respectiva tiene fósforos que reproducen rojo, verde y azul. Todos los colores pueden obtenerse a partir de mezclas de rojo, verde y azul; mientras que en los receptores monocromáticos la señal de luminancia reproduce la imagen en blanco y negro.

Como resultado, los sistemas policromáticos y monocromáticos son completamente compatibles porque cuando se transmite un programa de color, los receptores cromáticos reproducen la imagen en color, y los de tipo monocromático la reproducen en blanco y negro. Además, los programas en blanco y negro se reproducen también en blanco y negro en ambos tipos de receptor. El cinescopio policromático también puede reproducir el color blanco combinando rojo, verde y azul. Cabe recordar que la información de color en una cámara comienza en rojo, luego verde y azul; mientras que en el cinescopio termina en rojo, luego en verde y azul.

3.9 Propiedad de la imagen

La imagen reproducida en el cinescopio está sincronizada para permanecer fija y tiene alta brillantez, fuerte contraste, gran detalle, correcta proporción entre alto y ancho; estas propiedades se aplican tanto para la televisión de color como en blanco y negro. Además, la imagen de color deberá tener suficiente color, o saturación con los tonos o tintes correctos. A continuación se describe brevemente a dichas propiedades:

Brillo.

El *brillo* es la intensidad de iluminación total promedio y determina el nivel de fondo en la imagen reproducida. Los elementos de imagen individuales pueden variar a más o menos de este promedio. El brillo en la pantalla depende del nivel de alto voltaje del cinescopio y de la alimentación en su circuito rejilla-cátodo. La pantalla fluorescente del cinescopio se ilumina en sólo un pequeño punto a la vez. Así, el brillo de la imagen completa es mucho menor que la iluminación puntual real y cuanto mayor es la pantalla tanta más luz se necesita desde el punto para producir suficiente brillo.

Contraste.

El *contraste* es la diferencia de intensidad entre las partes blancas y negras de la imagen producida. El intervalo de contraste debe ser tan amplio como para producir una imagen intensa, con blanco brillante y negro oscuro, para los valores extremos de intensidad.

La cantidad de tensión de la señal de video determina el contraste de la imagen reproducida y qué tan intenso será el blanco comparado con las partes negras de la señal. En un televisor, el control de contraste varía la amplitud pico a pico de la señal de video que llega al circuito rejilla-cátodo del cinescopio y este control corresponde al control de volumen en un sistema de audio.

El negro en la imagen es el mismo nivel de luz que se ve en la pantalla del cinescopio cuando se apaga el televisor. En una imagen, este nivel se ve negro, al contrario de la fluorescencia del blanco. Sin embargo, el negro no puede aparecer más oscuro que la luz de la habitación reflejada desde la pantalla del cinescopio. Entonces, la iluminación que rodea la pantalla debe ser suficientemente baja para que el negro se vea oscuro. En el extremo opuesto, la imagen puede parecer pálida, con poco contraste, cuando se ve directamente bajo la luz del Sol. Esto ocurre debido a que tanta luz reflejada desde la pantalla impide tener un negro oscuro. Para resolver este problema, todos los cinescopios recientes tienen pantallas negras muy oscuras que hacen posible que se vean bien incluso con luz brillante en la habitación.

Detalle.

Una calidad de detalle de imagen, también llamada *resolución* o *definición*, depende del alto número de elementos de imagen reproducidos. Con muchos elementos de imagen pequeños, el detalle fino de la imagen es evidente y por lo tanto, se deben reproducir tantos

elementos como sea posible para crear una imagen con buena definición. Esta calidad proporciona una imagen más nítida y los pequeños detalles pueden verse mejor, mientras que los objetos en la imagen tienen un contorno nítido. Una buena definición también da profundidad aparente a la imagen al resaltar los detalles del fondo. La calidad mejorada de una imagen con más detalle puede apreciarse en la figura 3-7, que muestra como un mayor número de elementos de imagen incrementa la definición.

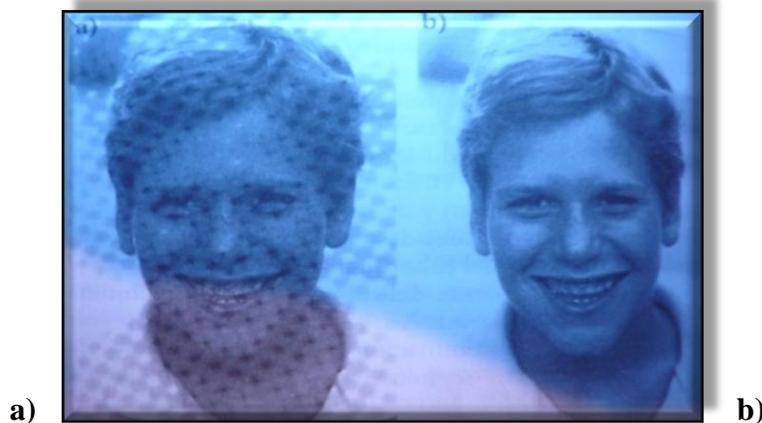


Figura 37- a) Estructura con pocos detalles. b) Detalles finos para una buena calidad.

Nivel de color.

La información de color se sobrepone a una imagen monocromática. La cantidad de color que se agrega depende de la amplitud de la señal de crominancia de 3.58 MHz. La cantidad de color o *nivel de color*, varía al controlar la ganancia o amplitud de la señal de crominancia o croma. En los receptores de televisión de color, este control se denomina *color croma*, *intensidad* o *saturación*. El control debe ajustar la imagen desde la ausencia de color, las tonalidades pálidas y medias, hasta colores intensos y vivos.

Tinte.

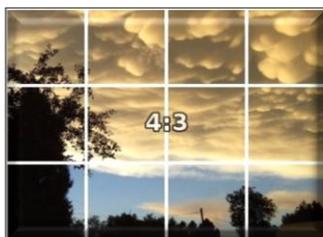
De manera más específica, el color de un objeto se llama *tinte* o *matiz*, Por ejemplo, el pasto tiene un tinte verde y en una imagen de televisión de color, el tinte depende del ángulo de fase de la señal de crominancia de 3.58 MHz. La fase de la señal de crominancia respecto a la señal de sincronización de color, varía con el control de *tinte* o *matiz*. Éste se ajusta para el tinte correcto de cualquier color conocido en la escena, como el cielo azul, el

pasto verde o los tonos de piel. De esta manera el resto de los tintes serán los correctos, ya que la sincronización de color mantiene los tintes en su fase apropiada.

Relación de aspecto.

La relación entre el ancho y el alto de un cuadro de imagen se llama *relación de aspecto*. Una relación de aspecto 4:3 ha sido el estándar desde el principio de la televisión y en ese tiempo coincidía con el estándar de la industria del cine. Una relación de aspecto de 4:3 hace a la imagen más ancha que alta por un factor de 1.33. El concepto de un cuadro más ancho que su alto, permite el movimiento de una escena que casi siempre ocurre en dirección horizontal. La relación de aspecto establece las proporciones, pero el cuadro real puede ser de cualquier tamaño, desde unas cuantas pulgadas para una vista directa en un cinescopio, hasta varios pies para un sistema de proyección y siempre con la misma relación de aspecto. Cuando el barrido horizontal abarca justo el ancho de la pantalla, y el barrido vertical abarca la altura, la imagen reproducida tiene las proporciones correctas.

La industria del cine en la década de 1950 introdujo un nuevo formato más ancho llamado *cinema* y que rápidamente reemplazó el de 4:3. La imagen más ancha permite un mayor movimiento horizontal en las escenas filmadas. Sin embargo, el estándar de televisión continuó en 4:3 y es el mismo hasta ahora. Los centros de entretenimiento casero dan una sensación de mayor movimiento porque a menudo tienen una relación 16:9 y que es casi una relación ancho-alto de 2:1. En la figura 3-8 se comparan las relaciones de aspecto 4:3 y 16:9. Se observa como la relación 16:9 es mucho más ancha. Con frecuencia se le llama *forma de sobre carta* y puede ser una coincidencia pero los números en 16:9 son los cuadrados de los de 4:3.



a)



b)

Figura 3-8 a) Relación de aspecto 4:3. b) Un valor de aspecto 16:9

Distancia de observación.

Si una persona se sienta cerca de la pantalla, pueden verse todos los detalles, sin embargo, las líneas de barrido individuales y los puntos de color son visibles. También puede verse el grano fino de la reproducción de la imagen. En televisión, el grano consiste en pequeñas partículas, llamadas *nieve*, que se producen por ruido en la señal de video. Así, la mejor distancia de observación es una elección entre cuatro y ocho veces la altura de la imagen.

3.10 Matriz de combinación de colores YIQ

Espacios de color.

El uso del color en el procesamiento de imágenes está principalmente motivado por dos factores:

- El color es un poderoso descriptor que, en la mayoría de los casos simplifica la identificación y extracción de los objetos de una escena.
- Los humanos podemos distinguir miles de colores y sin embargo sólo dos docenas de niveles de gris.

Debido a las características del ojo humano todos los colores que podemos reconocer en una imagen son una combinación de los llamados colores primarios: R(Red/Rojo), G(Green/Verde) y B(Blue/Azul). El objetivo de un modelo de color es facilitar la especificación de los colores de una forma normalizada y aceptada genéricamente. En esencia, un modelo de color es la especificación de un sistema de coordenadas tridimensional y de un subespacio de este sistema en el que cada color queda representado por un único punto. Entre los espacios de color utilizados más frecuentemente para el procesamiento de imágenes se encuentran el RGB, YIQ, CMY, YCbCr y HSI.

Generalmente las características para poder distinguir un color de otro son: brillo, tono y saturación. El brillo es la luminosidad u oscuridad relativa del color y normalmente se expresa como un porcentaje comprendido entre 0% (negro) y 100% (blanco). El tono es el color reflejado o transmitido a través de un objeto. Se mide como un ángulo en grados, entre 0° y 360°. Normalmente, el tono se identifica por el nombre del color, como rojo, naranja o verde. Por último la saturación, a veces llamada cromatismo, se refiere a la pureza relativa de la cantidad de luz blanca mezclada con el tono, es decir, es la fuerza o pureza del color. La saturación representa la cantidad de blanco que existe en proporción al tono y se

mide como porcentaje entre 0%(gris) y 100%(saturación completa). En la rueda de colores estándar, la saturación aumenta a medida que nos aproximamos al borde de la misma. Las coordenadas de tono y saturación definen la cromaticidad, entonces un color puede ser caracterizado por su brillo y cromaticidad.

Modelo de colores YIQ.

Fue creado por NTSC (National Television System Committee) aunque se basa en las especificaciones de la CIE (Commission Internationale de l'Eclairage). El modelo YIQ se utiliza en las emisiones comerciales de televisión. Básicamente es una recodificación del RGB utilizada por su eficacia en la transmisión y para mantener la compatibilidad con los estándares de televisión en blanco y negro. I significa *en fase* (en inglés: in-phase), mientras que Q significa *cuadratura* (en inglés: quadrature). La componente Y representa la información de *luminancia* y es el único componente utilizado por los televisores de blanco y negro. I y Q representan la información de crominancia.

La componente Y del sistema proporciona toda la información de vídeo que necesita un sistema de televisión monocromático. Fue diseñado para aprovechar la mayor sensibilidad del sistema visual humano a los cambios de la saturación. Así los estándares YIQ emplean más bits para representar la Y y menos para representar la I o Q. Además de tratarse de un estándar ampliamente difundido, la ventaja principal del modelo en el procesamiento de imágenes es que la luminancia (Y) y la información del color (I y Q) están desacopladas, así la importancia de este desacoplamiento radica en que la componente de luminancia de una imagen puede procesarse sin afectar a su contenido cromático.

Este sistema tiene la ventaja de utilizar las características de la respuesta humana al color. El ojo es más sensible a los cambios en el rango naranja-azul (I) que en el rango púrpura-verde (Q), así se requiere menos ancho de banda para Q que para I. La retransmisión de NTSC limita a I a 1.3 MHz y Q a 0.4 MHz. I y Q son barajados en frecuencia con la señal Y de 4 Mhz, que mantiene el ancho de banda de la suma de la señal por debajo de 6 MHz. En sistemas YUV, como U y V contienen información del rango naranja-azul, ambos componentes tienen que tener la misma cantidad de ancho de banda para conseguir la misma fidelidad de color.

Transformación RGB – YIQ.

La representación YIQ se emplea a veces en transformaciones de procesamiento digital de imágenes en color. Por ejemplo, aplicando una ecualización del histograma*

directamente a los canales en una imagen RGB se alterarían los colores unos en relación con otro, resultando una imagen con colores que no tienen sentido. En vez de ello, si la equalización del histograma es aplicada al canal Y de la representación YIQ de la imagen, sólo se normalizan los niveles de brillo de la imagen.

Utilizando la forma de representación matricial la conversión viene dada por:

$$\begin{bmatrix} Y \\ I \\ Q \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0.299 & 0.587 & 0.114 \\ 0.595716 & -0.274453 & -0.321263 \\ 0.211456 & -0.522591 & 0.311135 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} R \\ G \\ B \end{bmatrix}$$

$$\begin{bmatrix} R \\ G \\ B \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & 0.956295719758948 & 0.621024416465261 \\ 1 & -0.272122099318510 & -0.647380596825695 \\ 1 & -1.106989016736491 & +1.704614998364648 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} Y \\ I \\ Q \end{bmatrix}$$

- La fila superior es idéntica que la del espacio de color YUV.
- Si $[R \ G \ B]^T = [1 \ 1 \ 1]$ entonces $[Y \ I \ Q]^T = [1 \ 0 \ 0]$. En otras palabras, los coeficientes de la fila superior suman 1 y los de las otras dos columnas suman 0.

*En estadística, un histograma es una representación gráfica de una variable en forma de barras, donde la superficie de cada barra es proporcional a la frecuencia de los valores representados

3.11 Forma de onda diente de sierra para el barrido lineal.

Un entramado, es un área rectangular de la pantalla del CRT, barrido por el haz de electrones al realizar la deflexión horizontal y vertical. La figura 3-9 muestra un entramado iluminado, sin ninguna información de imagen. Con una señal de video, el tubo reproduce la imagen en el entramado. Además, la deflexión para el entramado debe estar sincronizada con la imagen. Para sincronizar el barrido correctamente, los pulsos de sincronización están incluidos en la señal de video. La señal de video total tiene dos partes: variaciones de la señal de cámara para la imagen, y pulsos de sincronización para el barrido del entramado. Así la señal de video tiene los pulsos de tiempo de sincronización necesarios para sincronizar la información de la imagen (en términos de luz, oscuridad, y valores de color), respecto a la posición en la pantalla (en términos de deflexión horizontal y vertical).

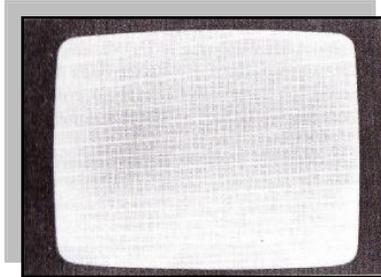


Figura 3-9 Entramado de barrido en la pantalla de un tubo de imagen. El entramado no está entrelazado sin la sincronización V. (Por lo común las líneas de retorno V se borran.)

Como un ejemplo de barrido lineal, se debe considerar la forma de onda de diente de sierra en la figura 3-10 como una corriente de barrido para un tubo electromagnético. (Esta corriente puede ser para la deflexión vertical u horizontal). Suponiendo que el valor pico es 400 mA. Si 100 mA son necesarios para producir la deflexión de 5 pulgadas (127 mm), entonces 400 mA provocarán una deflexión de haz de $4 \times 5 = 20$ pulgadas (508 mm). Más aun, la subida en la onda de diente de sierra da incrementos iguales de 100 mA para cada uno de los cuatro periodos iguales mostrados. Cada 100 mA adicionales deflexionan el haz otras 5 pulgadas (127 mm).

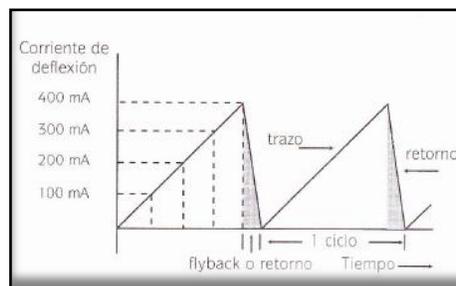


Figura 3-10 Forma de onda de barrido de diente de sierra, usada para la deflexión H y V.

Barrido horizontal.

En el barrido horizontal, el levantamiento lineal de la corriente en las bobinas de deflexión horizontal desvían el haz a través de la pantalla para un trazo continuo y de movimiento uniforme, de izquierda a derecha. En el pico de la subida, la onda de diente de sierra invierte la dirección y decrementa rápidamente a su valor inicial. Esta inversión rápida produce el *retorno*, o *flyback*. El trazo horizontal empieza en el extremo izquierdo del entramado. Termina en el extremo derecho, donde el retorno o flyback provoca que el haz regrese al extremo izquierdo. (Ver figura 3-11a). Observar que “arriba” en la onda de diente de sierra corresponde a la deflexión horizontal hacia la derecha.

Barrido Vertical.

Esta corriente de diente de sierra en las bobinas de deflexión vertical hace que el haz se mueva de arriba abajo del entramado. Mientras que el haz de electrones se desvía horizontalmente, la deflexión vertical de onda de diente de sierra ocasiona que el haz se mueva hacia abajo con una velocidad uniforme. De esta forma el haz produce las líneas horizontales, una debajo de la otra. La parte del trazo de la onda de diente de sierra para el barrido vertical desvía al haz hacia la parte inferior del entramado. Entonces, el retorno rápido vertical regresa al haz arriba. (Ver la figura 3-11b). Observar que “arriba” en la onda de diente de sierra para la deflexión vertical corresponde a incrementar la corriente, que desvía al haz hacia abajo.

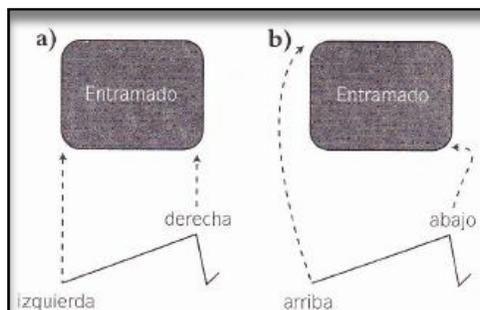


Figura 3-11 Direcciones para el trazo y el retorno en una forma de onda de barrido de diente de sierra. a) deflexión H. b) deflexión V.

Frecuencias de barrido.

Tanto el trazo como el retorno están incluidos en un ciclo de la onda de diente de sierra. Como el número completo de líneas horizontales barridas en 1 segundo es 15750 para la deflexión horizontal, entonces la frecuencia de la onda de diente de sierra es 15750 Hz. Para la deflexión vertical, la frecuencia de la onda de diente de sierra iguala la relación de barrido de campo de 60 Hz. La frecuencia horizontal exacta es 15734.26 Hz, la frecuencia vertical exacta es 59.94 Hz. Los técnicos usan valores de 15750 Hz para la frecuencia horizontal y 60 Hz para la vertical. El movimiento del barrido vertical a 60 Hz es mucho más lento que la tasa de barrido horizontal de 15750 Hz. Como resultado, muchas líneas horizontales se barren durante un ciclo de barrido vertical. Puede considerarse que la deflexión vertical hace que las líneas horizontales llenen el entramado de arriba abajo.

Tiempo de retorno.

Durante el retorno (ya sea vertical u horizontal) se borra toda la información de la imagen. Así, la parte de retorno de la onda de diente de sierra se hace lo más corta posible, ya que el retorno es tiempo perdido en términos de información de imagen. Para el barrido horizontal, el tiempo de retorno aproximado es 10% del tiempo necesario para la línea completa. Como se necesitan 63.5 μ s para barrer una línea completa, 10% de ese valor es equivalente al tiempo de retorno horizontal que es 6.35 μ s. Limitaciones prácticas en los circuitos que producen la forma de onda de diente de sierra hacen difícil producir un retorno o flyback más rápido. La frecuencia baja vertical de la onda de diente de sierra en general tiene un tiempo de retorno menor a 5% del requerido para un ciclo completo. Por ejemplo, un retorno vertical del 3% de $1/60$ de segundo es igual a 0.0005 segundos, o 500 μ s. Aunque el retorno vertical es más rápido que el trazo vertical, 500 μ s es mayor que el tiempo requerido para barrer una línea horizontal completa, o 63.5 μ s. De hecho, en el tiempo de retorno vertical de 500 μ s, pueden barrerse cerca de ocho líneas.

Patrón de barrido entrelazado.

El procedimiento de barrido universal emplea barrido lineal horizontal en un patrón entrelazado de línea impar. Las especificaciones de barrido de la FCC para emisión de televisión en E.U. provee un patrón de barrido estándar que incluye un total de 525 líneas horizontales en un cuadro rectangular con una relación de aspecto de 4:3. Los cuadros se repiten con una tasa de 30 por segundo, con dos campos entrelazados en cada cuadro.

Procedimiento de entrelazado.

Para el barrido entrelaza, primero se barren todas las líneas impares de arriba abajo, y se saltan las líneas pares. Después de este ciclo de barrido vertical, un rápido retorno vertical provoca que el haz de electrones regrese arriba del cuadro. Después todas las líneas pares omitidas en el primer barrido se barren de arriba abajo. Cada cuadro está dividido en dos campos. El primero (y todos los campos impares subsecuentes) contiene las líneas impares en los cuadros. El segundo (y todos los campos pares) incluye las líneas pares de barrido. Dados dos campos por cuadro y 30 cuadros completos barridos por segundo, la tasa de repetición del campo es 60 por segundo y la frecuencia de barrido vertical es 60 Hz. De hecho, duplicar el valor de la frecuencia de barrido vertical de 30 Hz de tasa de cuadro a 60 Hz de tasa de campo es lo que hace que el haz barra cada línea en el cuadro.

Entrelazado de línea impar

La geometría del patrón de entrelazado de barrido de la línea impar estándar se muestra en la figura 3-12. De hecho, el cañón de electrones apunta al haz en el centro, que es donde comienza el barrido. Por conveniencia, sin embargo, podemos seguir el movimiento comenzando en la esquina superior izquierda del cuadro en el punto *A*. Para esta línea 1, el haz barre todo el cuadro con velocidad uniforme para cubrir todos los elementos de la imagen en una línea horizontal. Al final de este trazo, el haz regresa rápidamente a la izquierda del cuadro, como lo muestra la línea punteada, para comenzar el barrido de la siguiente línea horizontal. Se puede ver como las líneas horizontales tienen pendiente hacia abajo en la dirección de barrido porque la señal de deflexión vertical produce un movimiento de barrido vertical simultáneo, muy lento comparado con el barrido horizontal. También se ve que la pendiente del trazo horizontal de izquierda a derecha es mayor que la pendiente durante el retorno de derecha a izquierda. La razón es que el retorno más rápido no da al haz tanto tiempo para desviarse verticalmente. Después de barrer la línea 1, el haz se encuentra en el lado izquierdo, listo para barrer la línea 3, omitiendo la segunda línea. Este salto de línea se logra al duplicar la frecuencia de barrido vertical de 30 a 60 Hz. Una deflexión vertical del haz al doble de la velocidad necesaria para barrer 525 líneas produce un periodo de barrido vertical completo para solo $262 \frac{1}{2}$ líneas, con líneas alternas en blanco. El haz de electrones barre todas las líneas impares, para después alcanzar una posición como la del punto *B* en la figura 3-12, abajo del cuadro. El tiempo *B* comienza el retorno vertical, debido al regreso en la señal de deflexión de diente de sierra vertical. Después el haz vuelve arriba del cuadro para comenzar el segundo campo, o campo par.

Como se muestra en la figura 3-12, el haz se mueve del punto *B* al punto *C*, atravesando un número completo de líneas horizontales.

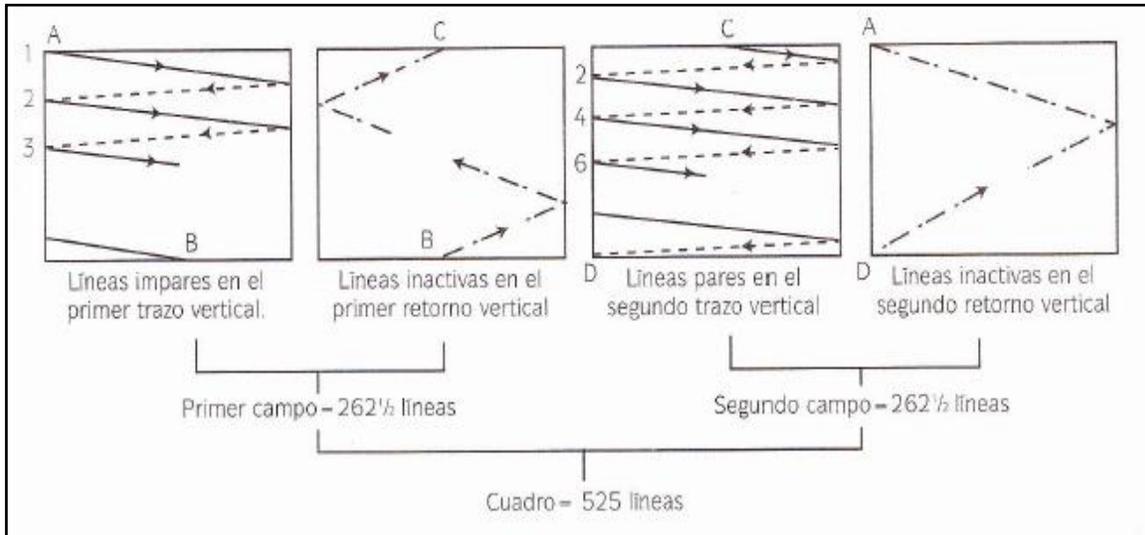


Figura 3-12 Detalles del entrelazado de líneas impares, con dos campos en un cuadro.

El tiempo de retorno vertical es suficiente para que el haz barra varias líneas horizontales. Podemos llamarlas *líneas de retorno vertical*, con el significado de líneas completas horizontales barridas durante el retorno vertical. Ver como la pendiente de las líneas del retorno vertical va hacia arriba, porque el haz se mueve hacia arriba durante el barrido horizontal. La pendiente hacia arriba de las líneas de retorno vertical es mayor que la pendiente hacia abajo de las líneas barridas durante el trazo vertical porque el retorno hacia arriba es mucho más rápido que el trazo hacia abajo. Las líneas barridas durante el retorno vertical no son visibles, debido a que el haz de electrones queda cortado por el voltaje de borrado durante el tiempo de retorno vertical. Las líneas de retorno vertical están inactivas porque se borraron.

El barrido horizontal del segundo campo comienza con el haz en el punto *C* de la figura 3-12. Este punto está a la mitad de una línea horizontal porque el primer campo contiene $262 \frac{1}{2}$ líneas. Luego de barrer media línea desde el punto *C*, el haz barre la línea 2 en el segundo campo. Después barre entre las líneas impares, es decir, las líneas pares que se omitieron durante el barrido del primer campo. El movimiento de barrido vertical es justo igual al del campo anterior, lo cual significa que todas las líneas horizontales tienen la misma pendiente hacia abajo en la dirección del barrido. Como resultado, todas las líneas pares en el segundo campo se barren hacia abajo hasta el punto *D*. Los puntos *D* y *B* están alejados media línea, porque el segundo campo comenzó en un punto a la mitad de la línea.

El retorno vertical en el segundo campo comienza en el punto *D* de la figura 3-12. Desde ahí, el retorno vertical provoca que el haz regrese arriba. Como existe un número entero de líneas de retorno vertical, el haz termina el segundo retorno vertical en *A*. El haz siempre terminará el segundo retorno vertical donde comenzó el primer trazo porque el número de líneas de retorno vertical es el mismo en ambos campos. En el punto *A*, el haz de barrido completa dos campos (o un cuadro) y está listo para barrer el tercer campo.

Todos los campos impares comienzan en el punto *A*. Todos los campos pares comienzan en el punto *C*. Dado que el comienzo del barrido del campo par en el punto *C* está en el mismo nivel horizontal que el punto *A*, con una separación de media línea (y como la pendiente de todas las líneas es la misma), las líneas pares en los campos pares caen exactamente entre las líneas impares en los campos impares. Para lograr este entrelazado de línea impar, los puntos de inicio en la parte superior del cuadro deben estar separados justo media línea.

Cuadro de barrido entrelazado.

En la figura 3-13 se muestra un patrón de barrido completo donde las formas de onda diente de sierra horizontales y verticales correspondientes ilustran un barrido entrelazado de línea impar. Se usa un total de 21 líneas en el cuadro (por simplicidad), en vez de 525. Las 21 líneas están entrelazadas con dos campos por cuadro. Cada campo contiene la mitad de las 21 líneas totales, o $10 \frac{1}{2}$ líneas. De las $10 \frac{1}{2}$ líneas en un campo, se puede suponer que la línea 1 se barre durante el retorno vertical para tener un tiempo vertical de regreso conveniente. Así, se barren $9 \frac{1}{2}$ líneas durante el trazo vertical en cada campo.

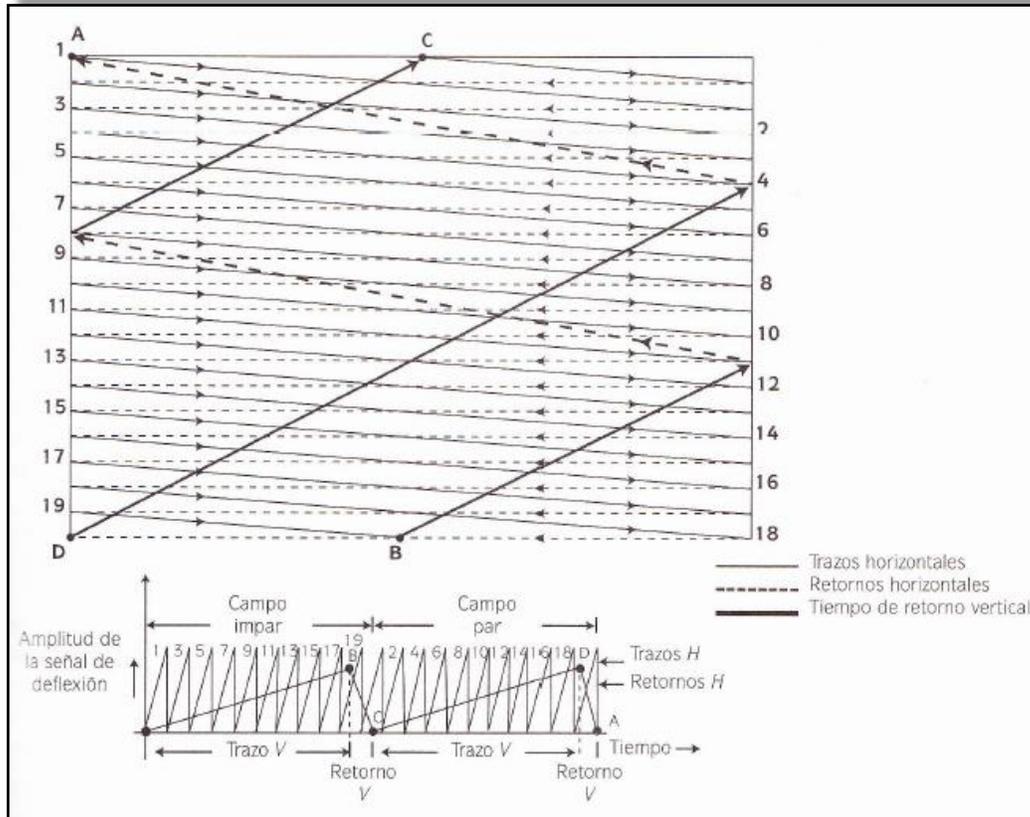


Figura 3-13 Ejemplo de patrón de barrido para 21 líneas entrelazadas por cuadro y $10 \frac{1}{2}$ líneas por campo. Las formas de onda de deflexión de diente de sierra H y V correspondientes se muestran en el patrón inferior. Comenzando en el punto A, el movimiento de barrido continúa a través de B, C, D y de regreso a A.

En el cuadro completo se barren $2 \times 9 \frac{1}{2}$ o 19 líneas durante el trazo vertical, además de dos líneas de retorno vertical. Comenzando en la esquina superior izquierda, el punto A en la figura 3-13, el haz barre la primera línea de izquierda a derecha y regresa a la izquierda para comenzar a barrer la tercera línea y todas las líneas impares subsecuentes hasta que llega abajo del cuadro. Después de barrer $9 \frac{1}{2}$ líneas el haz se encuentra en el punto B, abajo, cuando comienza el regreso vertical. Se ve como este retorno vertical comienza en la mitad de una línea horizontal. Después se barre una línea durante el retorno vertical (esta línea consiste en dos medias líneas en la figura 3-13). La pendiente va hacia arriba en la dirección del barrido. Durante este retorno vertical el haz de barrido va al punto C,

separado del punto *A* justo media línea, para que el barrido del segundo campo pueda comenzar. Debido a esta separación de media línea entre los puntos *A* y *C*, cada línea barrida en el campo par cae exactamente entre dos líneas impares en el campo anterior. Después el haz barre $9 \frac{1}{2}$ líneas desde el punto *C* al *D*, donde el retorno vertical comienza para el campo par. Este retorno vertical inicia al principio de la línea horizontal. El tiempo de retorno vertical es el mismo para ambos campos. Así, después de una línea de retorno vertical en el segundo campo, el haz va de *D* en la parte inferior a *A* en la esquina superior izquierda, donde comienza otro campo par. Los puntos donde comienza el retorno vertical y el barrido hacia abajo no necesitan estar como se muestran en la figura 3-13. Todos estos puntos pueden moverse una fracción de línea horizontal sin interferir con el patrón de entrelazado, siempre y cuando la diferencia de media línea se mantenga. El espacio de media línea entre los puntos de inicio en los campos alternados se produce de manera automática en ambas señales de deflexión de diente de sierra y en el movimiento de barrido, porque existe un número impar de líneas para un número par de campos. El entrelazado correcto resulta cuando las frecuencias requeridas del barrido de señales de diente de sierra horizontal y vertical se mantienen con precisión, y el tiempo de retorno en la onda de diente de sierra es constante para todos los campos.

3.12 Normas

Un receptor de televisión depende del equipo transmisor para su correcta operación porque el barrido debe sincronizarse y por lo tanto, es necesario establecer normas para el transmisor, de manera que el receptor funcione correctamente. La Compañía Federal de Comunicaciones FCC (Federal Company Communications) ha especificado una lista de normas para la transmisión de un sistema de televisión y cada una de ellas contiene a una serie de estándares. A continuación se mencionan los más importantes:

1. El barrido se debe de hacer a una velocidad uniforme y con la secuencia: las líneas horizontales de izquierda a derecha y el avance de la imagen de arriba hacia abajo.
2. El número de líneas barridas por periodo de cuadro es 525. Esto es, 262.5 líneas por campo.
3. La velocidad de repetición de cuadros se puede redondear a 30 Hz y su valor exacto es de 29.97 Hz. Un cuadro se compone de dos campos.
4. La señal portadora de color tiene una frecuencia exacta de 3.579545 MHz.
5. La relación de aspecto de cuadro es 4:3, es decir, 4 unidades horizontales por 3 unidades verticales. El formato 16:9 también se puede utilizar.

6. El ancho del canal asignado a una estación de emisión de televisión es 6 MHz y este ancho de banda se aplica a transmisiones monocromáticas o de color.
7. La señal portadora de imagen se modula en amplitud tanto por la señal de imagen como por la señal de sincronización.

El audio asociado se transmite como una señal modulada en frecuencia. La variación máxima de frecuencia de la portadora es ± 25 kHz para 100% de modulación. La frecuencia de la portadora de audio es 4.5 MHz arriba de la portadora de imagen, dentro del canal de emisión de 6 MHz.

TEMA 4

LA SEÑAL DE VIDEO

La señal de vídeo consta de las tres partes siguientes: luminancia, crominancia y sincronismo; el ancho de banda de la señal de luminancia suele ser del orden de 5 MHz pero depende del sistema empleado y la crominancia es una señal modulada en cuadratura es decir en amplitud y en fase. Por lo anterior, se considera a dicha señal como una señal compuesta que se utiliza en la producción de televisión y en los equipos audiovisuales domésticos. Esta señal eléctrica es una señal compleja en la que se codifica la imagen en sus diferentes componentes de luz y color añadiendo los sincronismos necesarios para su posterior reconstrucción. La señal de crominancia porta la información del color de una imagen, mientras que la luminancia porta la información de la luz de la imagen en blanco y negro y las señales de sincronismo indican las características del barrido efectuado en la captación de la imagen.

Las tres partes de la señal de video son ilustradas en la figura 4-1, en donde se puede ver que: a) señal de la cámara correspondiente a las variaciones de la luz en la escena, b) pulsos para el borrado que hacen invisibles a los retornos del barrido y c) pulsos de sincronización o sincronía para el barrido. Entonces, la señal de la cámara se combina con el pulso de borrado y luego se le añade la sincronización de color. El video contiene toda la información necesaria para formar a una imagen completa línea por línea, y campo por campo. La señal de video se utiliza en el cinescopio para reproducir la imagen en el entramado del barrido.

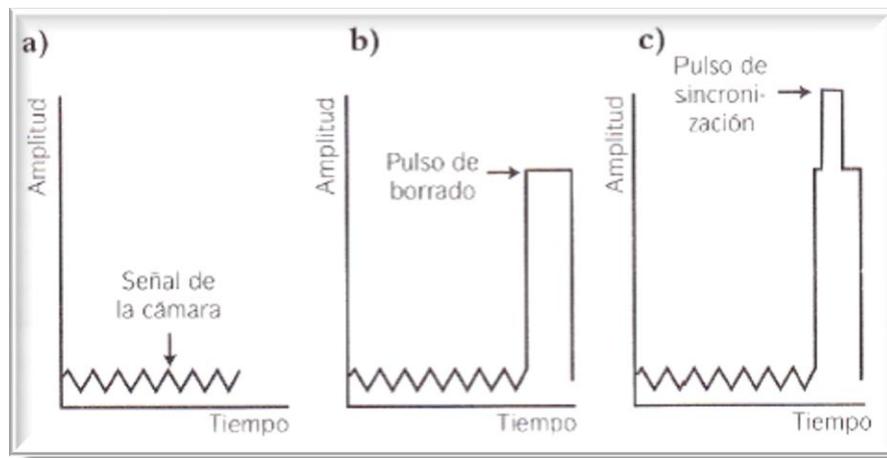


Figura 4-1 Las tres componentes de la señal de video

4.1 Construcción

En la figura 4-2 se muestran las variaciones de la amplitud de voltaje y de corriente para el barrido de dos líneas horizontales en la imagen que tienen la forma de dos pulsos altos y que empiezan en el extremo izquierdo con el tiempo igual a cero; la señal está en un nivel de blanco y el haz de barrido está en el lado izquierdo de la imagen. Cuando se escanea la primera línea de izquierda a derecha, las variaciones de la señal de cámara se obtienen con varias amplitudes que corresponden a la información de imagen requerida. Después de que el trazo horizontal produce la señal de cámara deseada para una línea, el haz de barrido está en el extremo derecho de la imagen. Luego se inserta el pulso de borrado para llevar la amplitud de la señal de video al nivel de negro para que los retornos sean invisibles. Después de un tiempo de borrado que incluye los retornos, el voltaje de borrado se elimina y el haz de barrido se encuentra en el extremo izquierdo dispuesto a barrer la siguiente línea; de esta manera se barre cada línea horizontal de manera sucesiva. Notar como la segunda línea muestra información de imagen oscura cercana al nivel del negro.

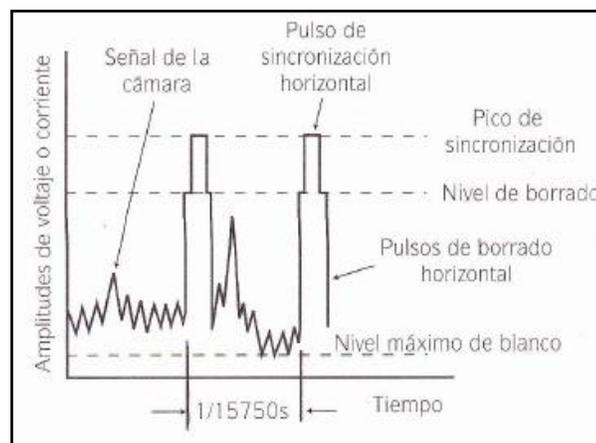


Figura 4-2 Señal de vide para dos líneas horizontales.

Respecto a la polaridad negativa de sincronización, las amplitudes de la señal después del borrado se invierten como aparece en la figura 4-3, la cual representa la información correspondiente al lado izquierdo en el inicio de una línea de barrido. Justo antes del borrado, las variaciones de la señal corresponden al lado derecho. La información que se

encuentra en el centro exacto de la línea de barrido se produce en la mitad del tiempo entre los puntos de borrado.

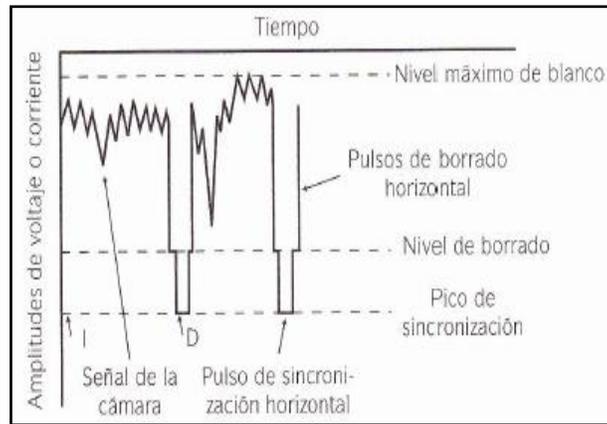


Figura 4-3 La misma señal de video de la figura 4-2, pero con polaridad de sincronización negativa. I y D indican el lado izquierdo y derecho de cada línea horizontal.

Polaridad de sincronización en la señal de video compuesta.

La polaridad de la señal de video compuesta se indica por la polaridad del voltaje del pulso de sincronización. Las dos posibilidades son:

1. Una polaridad de sincronización positiva, con los pulsos de sincronización en la posición alta, como en la figura 4-2.
2. Una polaridad de sincronización negativa, con los pulsos de sincronización en la posición baja, como en la figura 4-3.

Las señales de video que se muestran en las figuras 4-2 y 4-3 contienen la misma información de imagen. La diferencia es que están desfasadas 180° (invertidas). Ambas polaridades se analizarán al trabajar con los circuitos de video, en donde la inversión de fase se debe al uso de los amplificadores llamados emisor común y fuente común. También, los puntos específicos en el circuito de video requieren cierta polaridad para funcionar en forma correcta. Por ejemplo, la señal de video enviada al cátodo de un cinescopio debe tener polaridad de sincronización positiva (figura 4-2). La razón de esto es

que el cátodo debe ser más positivo para incrementar la polarización negativa en la rejilla de control, respecto al cátodo y el flujo de corriente se reduce mientras el cátodo se hace más positivo; en el nivel de amplitud de la sincronización positiva, el flujo de corriente baja a cero Amperes. Dando como resultado un cinescopio negro durante el tiempo de borrado y sincronización, que corresponde a los retornos, por lo que las líneas de retorno no se ven en la pantalla.

Los receptores de antiguas televisiones utilizan una señal como la de la figura 4-3, con pulsos de sincronización de polaridad negativa para activar la o las rejillas de control. Este sistema crea un efecto similar al del diseño moderno activado por el cátodo. Los pulsos negativos en la rejilla de control podrían hacer que la rejilla fuera suficientemente negativa respecto al cátodo para cortar el haz, con el resultado de negro durante el tiempo de retorno del borrado y la sincronización. El video activado ya sea por la rejilla o por el cátodo trabajará con éxito. Hoy día el estándar es la señal de video controlado por el cátodo, con una señal como la de la figura 4-2. Un valor típico para la activación de la señal de video para un cinescopio de color de 19 pulgadas es alrededor de 140 V pico a pico (V p-p).

El estándar de la industria para la distribución de video de las señales de entrada y salida de un equipo de video es una señal como la mostrada en la figura 4-3, con polaridad de sincronización negativa y una amplitud de 1 V p-p. La lista del equipo incluye cámaras, cámara/codificador, video caseteras, monitores/receptores de TV, reproductores de videodiscos, equipo de edición y control de estudio y las interfaces de video de las computadoras. En ambas polaridades, las partes blancas de la señal de video están alejadas del nivel de borrado y de los pulsos de sincronización. Como el nivel de borrado debe corresponder al negro, los pulsos de sincronización pueden llamarse súper negro o *más negro que negro*, o *separación profunda* debido a que estas amplitudes son mayores que el nivel de negro.

Borrado.

La señal de video contiene los pulsos de borrado para hacer invisible las líneas de retorno cambiando la amplitud de la señal a negro cuando los circuitos de barrido producen los retornos. Toda la información de imagen queda suprimida durante el tiempo de borrado. En general los retornos se producen durante el tiempo de borrado horizontal H y vertical V que se le agregan a la señal de video durante la transmisión; lo anterior se puede ver en la figura 4.4.

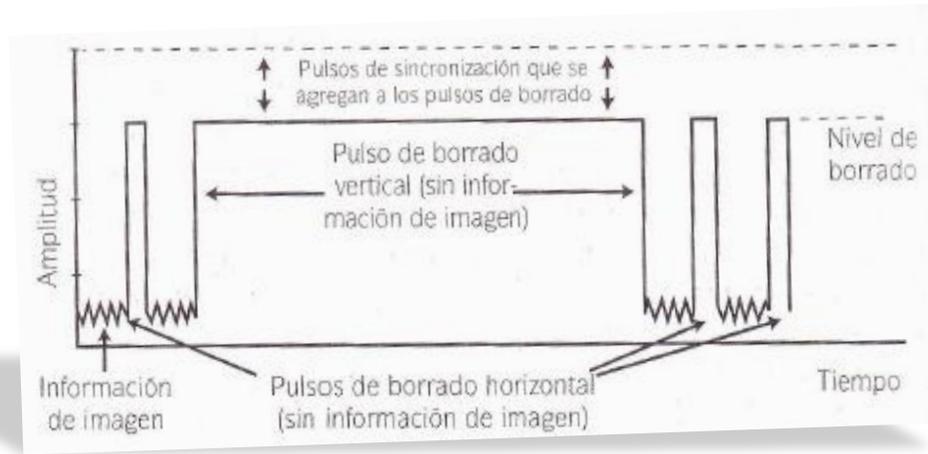


Figura 4-4 Pulsos de borrado H y V en una señal de video.

Los pulsos de borrado horizontales se incluyen para suprimir el retorno de derecha a izquierda en cada línea de barrido horizontal. Por lo tanto, la tasa de repetición de los pulsos de borrado horizontales es la frecuencia de barrido de la línea de 15750 Hz. Los pulsos de borrado verticales tienen la función de suprimir las líneas de barrido producidas cuando el haz de electrones retorna verticalmente de abajo arriba en cada campo. Así, la frecuencia de los pulsos de borrado vertical es 60 Hz para cada campo. Cada pulso de borrado cambia la señal de video a negro durante el tiempo de borrado.

4.2 Amplitud de la señal de video

Eléctricamente, la señal de video tiene una amplitud instantánea que responde a la luminosidad de cada punto explorado en la pantalla. La unidad de medida para la amplitud de voltaje está en términos de la unidad de medida creada por el Instituto de Ingenieros de Radio IRE (*Institute of Radio Enginners*) y actualmente es llamado IEEE (*Institute of Electrical and Electronic Enginners*); entonces, se puede usar a un IRE para representar a una tensión de 7.5 mV. En un osciloscopio se verifica la amplitud de la señal de video con polaridad de sincronización negativa para adoptar la escala IRE que se muestra en la figura 4-5. La señal de video es de 1 V pico a pico, por lo que equivale a 140 unidades de IRE, con 100 unidades arriba del cero y 40 debajo de cero.

Amplitud del pulso de sincronización.

Del total de las 140 unidades de IRE, 40 o cerca del 29% son para la sincronización y los dos pulsos de sincronización (H y V) tienen la misma amplitud.

Ajuste del negro.

Obsérvese que los valores máximos de negro de las variaciones de la señal de la cámara están corridos, respecto al nivel de borrado de negro, 7.5 unidades IRE, que es alrededor del 5% del total. Esto se hace con la finalidad de asegurar que las señales portadoras de color, cuyo nivel se aproxima al negro en la señal de cámara, no interfieran con las amplitudes de sincronización.

Amplitudes de la señal de cámara.

El nivel máximo de blanco tiene casi 100 unidades IRE. Sin embargo, el nivel del negro es 7.5 unidades para compensar el nivel negro en la imagen del nivel de borrado. Restando el nivel de negro del nivel máximo blanco, el resultado es $100 - 7.5 = 92.5$ unidades IRE para las variaciones de la señal de la cámara. Esta cantidad es 66% del total de 140 unidades IRE y son mostradas en la figura 4-5.

En resumen:

El nivel 0 es el nivel de borrado.

De 0 a 75 unidades IRE es el ajuste del nivel de negro.

De 7.5 a 100 unidades IRE es la información de imagen.



Figura 4-5 Imagen del osciloscopio de dos líneas de la señal de video.

4.3 Tiempo de borrado horizontal

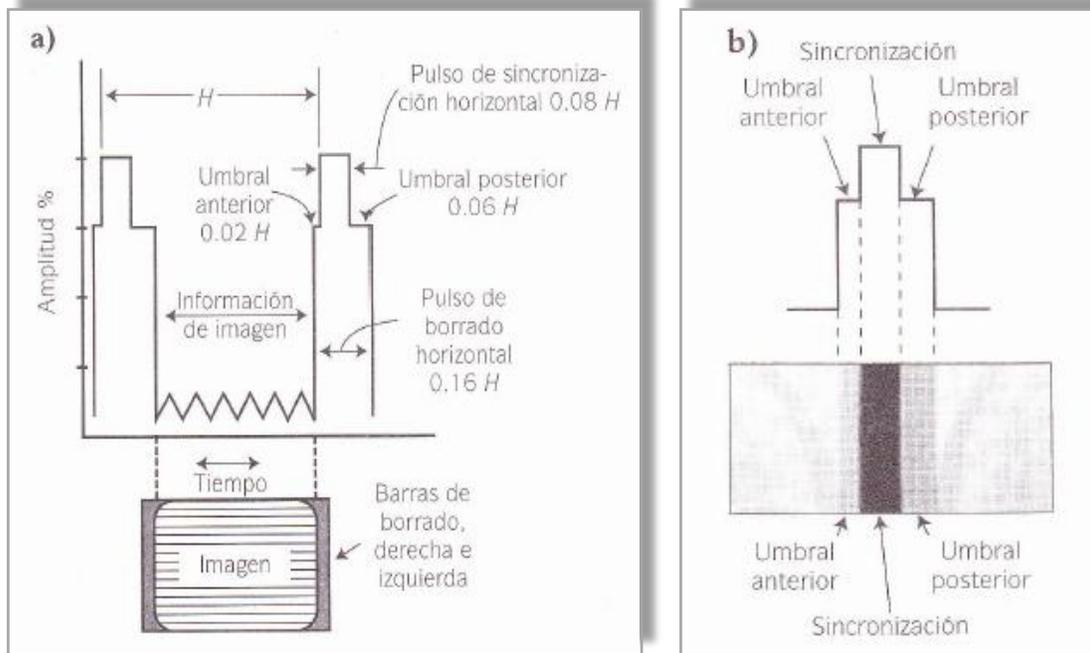


Figura 4-6 a) Detalles de los pulsos de borrado horizontal y b) sincronización.

En la figura 4-6 aparecen los detalles del periodo de borrado horizontal, en donde el intervalo H es el tiempo necesario para barrer una línea completa, e incluye el trazo y el retorno. Entonces, el tiempo para H es $1/15750$ segundo, o sea, $63.5 \mu s$.

El pulso de borrado horizontal es sólo de $0.14 H$ a $0.18 H$ de ancho. Si se toma un promedio de 16% como un valor típico, el tiempo de borrado horizontal se calcula como:

$$1.16 \times 63.5 \mu s = 10.2 \mu s \text{ (aprox.)}$$

Al restar este valor del tiempo H de $63.5 \mu s$ se obtiene el tiempo necesario para el barrido visible, sin borrado en cada línea horizontal. Para el borrado H se necesitan $10.2 \mu s$ para permitir el retorno horizontal, es decir:

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

Interponiendo con los pulsos de borrado H se encuentran los pulsos de sincronización H más estrechos. Como se muestra en la figura 4-6 cada pulso de sincronización H es de 0.08 H, o la mitad del promedio del ancho del pulso de borrado. Así este tiempo de sincronización se aproxima a $10 \mu\text{s}/2$ o $5 \mu\text{s}$.

Umbral anterior y posterior.

Durante la mitad restante del tiempo de borrado, que también es $5 \mu\text{s}$, la señal está en el nivel de borrado. La parte justo antes del pulso de sincronización se llama *umbral anterior* y la parte que sigue al pulso de sincronización se llama *umbral posterior*. El umbral anterior tiene 0.02 H de ancho y el umbral posterior tiene 0.06 H de ancho. Estos periodos son de $1.27 \mu\text{s}$ para el umbral anterior y $3.81 \mu\text{s}$ para el umbral posterior. Se puede observar como éste es tres veces más largo que el umbral anterior. Todos estos tiempos en una línea horizontal se resumen en la tabla 4-1, con las tolerancias requeridas.

Borrado H y barrido H.

El tiempo de borrado es ligeramente más largo que los valores normales del tiempo de retorno. Como resultado, una pequeña parte de los trazos se borra al inicio y final de cada línea de barrido. El efecto de este borrado horizontal se ilustra con las barras negras en los lados derecho e izquierdo de la imagen en la figura 4-6a. El negro en el lado derecho corresponde al umbral anterior del borrado horizontal, antes de comenzar el retorno. Por lo común, el retorno horizontal comienza en el lado anterior del pulso de sincronización. Justo antes del retorno (cuando el haz de barrido está por terminar su trazo a la derecha), el nivel de borrado del umbral anterior pone negro el extremo derecho. Al borrar una pequeña parte de cada línea de esta manera, se forma una barra negra en la orilla derecha. Esta barra negra a la derecha se puede considerar una reproducción de la parte umbral anterior del borrado horizontal. Una vez borrado el umbral anterior, el retorno horizontal puede empezar cuando comienza el pulso de sincronización. El tiempo de retorno queda definitivamente borrado debido a que el nivel de sincronización es más negro que el negro. Aunque el retorno suele comenzar con el pulso de sincronización, el tiempo necesario para completar el retorno depende de los circuitos de barrido. Un tiempo de retorno horizontal típico es $7 \mu\text{s}$.

El tiempo de borrado después del umbral anterior se puede calcular con las dos restas siguientes:

$$10.2 - 1.27 = 8.93 \mu\text{s} \quad \text{y} \quad 8.93 - 7.00 = 2.93 \mu\text{s}.$$

El valor 2.93 μs es el tiempo de borrado que queda después que los retornos a la orilla izquierda terminan.

Aunque continúa el borrado, la forma de onda de deflexión de diente de sierra hace que el haz de barrido comience su trazo en seguida del retorno. En consecuencia, la primera parte del trazo de la izquierda se borra. Después de 2.93 μs del tiempo de trazo de borrado en el borde izquierdo, el pulso de borrado se elimina. Luego la señal de video reproduce la información de imagen mientras que el haz de barrido continúa su trazo durante 53.3 μs de trazo visible. Sin embargo, la pequeña parte de cada línea borrada al principio de los trazos forma la barra negra en el borde izquierdo del entramado. Esta orilla negra de la izquierda representa la parte de cada umbral posterior que sigue a la sincronización horizontal. Las barras de borrado a los lados no tienen efecto sobre la imagen, excepto disminuir un poco su ancho, comparada con el ancho de una línea de barrido no borrada. Sin embargo, puede aumentarse la amplitud del barrido horizontal para obtener el ancho de imagen deseado.

La figura 4-6b muestra el efecto en la pantalla del cinescopio para los umbrales anterior y el posterior durante el borrado H. El brillo está ajustado más alto que lo normal con la finalidad de hacer que el negro sea menos negro. Además, debe recorrerse la fase del barrido respecto al borrado para que el tiempo de borrado esté dentro del umbral. En la tabla 4.1 se muestran a los valores de los tiempos de dichos umbrales.

Periodo	Tiempo (μs)
Línea completa (H)	63.5
Borrado H	9.5 - 11.5
Pulso de sincronización H	4.75 \pm 0.5
Umbral anterior	1.27 (mínimo)
Umbral posterior	3.81 (mínimo)
Tiempo de línea visible	52 - 54

Tabla 4-1 Detalles de borrado horizontal

4.4 Tiempo de borrado vertical

Los pulsos de borrado vertical cambian la amplitud de la señal de video hasta el nivel de negro, por lo que el haz de barrido se elimina durante los retornos verticales. El ancho del pulso de borrado vertical es de 0.05 V a 0.08 V, donde V es igual a $1/60$ segundos. Si se toma 8% como máximo, el tiempo de borrado vertical es:

$$0.08 \times 1/60 \text{ segundos} = 1333 \mu\text{s}$$

El tiempo calculado de 1333 μs es suficientemente largo para incluir varias líneas completas de barrido horizontal. Cuando se divide el tiempo de borrado vertical de 1333 μs entre el periodo total de la línea de 63.5 μs , se obtiene a 21 líneas borradas de cada campo o 42 líneas en el cuadro. El número total de líneas borradas en el cuadro también puede calcularse como $0.08 \times 525 = 42$ líneas.

Pulsos de sincronización en el tiempo de borrado V.

La figura 4-7 muestra a los pulsos de sincronización insertados en la señal de video durante el ancho del pulso de borrado vertical, la cual incluye pulsos de igualación o ecualización, pulsos de sincronización vertical, algunos pulsos de sincronización horizontal y a los intervalos comprendidos entre el final de un campo y el siguiente; para ver qué pasa durante el tiempo de borrado vertical y el desplazamiento de media línea entre campos sucesivos necesaria para el barrido entrelazado de las líneas impares. La señal superior corresponde a los campos impares y la inferior para los pares; comenzando en la parte izquierda las últimas cuatro líneas de barrido en la parte inferior del entramado se muestran con el borrado horizontal y los pulsos de sincronización requeridos. En seguida de la última línea visible, la señal de video llega al nivel de negro debido al pulso de borrado vertical como preparación para el retorno vertical y el periodo de borrado vertical comienza con un grupo de seis pulsos ecualizadores, separados por los intervalos de media línea. Después se encuentra el pulso de sincronización vertical dentado que produce el tiempo de retorno vertical en los circuitos de barrido. Las hendiduras o partes dentadas (formadas por los ángulos entrantes y salientes de la señal) ocurren también en los intervalos de media línea. Por lo tanto, el pulso de sincronización vertical completo tiene tres líneas de ancho, un grupo de seis pulsos de igualación y un tren de pulsos horizontales. Durante todo el periodo de borrado vertical, no se produce información de imagen debido a que el nivel de señal es negro o más negro que negro de modo que el retorno vertical no se ve.

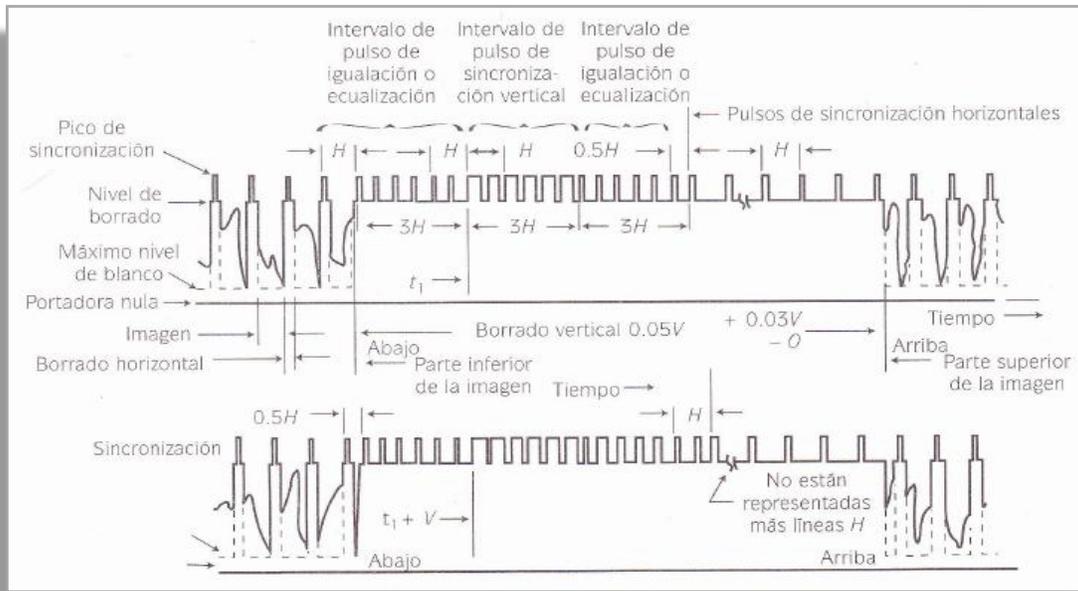


Figura 4-7 Detalles de los pulsos de sincronización y borrado para el campo impar (señal superior) y para el campo par (señal inferior).

En la tabla 4-2 se detallan los valores de tiempo de todos los pulsos en el intervalo de borrado vertical.

Periodo	Tiempo
Campo total (V)	$1/60 = 16.7$ ms
Borrado V	0.05 V – 0.08 V, 0.8 – 1.3 ms
Cada pulso de sincronización V	27.35 μ s
Total de seis pulsos de sincronización V	3 H = 190.5 μ s
Cada pulso E	0.04 H = 2.54 μ s
Cada hendidura o parte dentada	0.07 H = 4.4 μ s
Tiempo de campo visible	0.92 V – 0.95 V, o 15 – 16 ms

Tabla 4-2 Detalle de los tiempos para el borrado vertical

Borrado V y barrido V.

El pulso de sincronización vertical dentado fuerza a los circuitos de deflexión vertical a iniciar el retorno. Sin embargo, ese retorno casi nunca comienza al principio de la sincronización vertical debido a que el pulso de sincronización debe completar la carga en el capacitor para activar o disparar los circuitos de barrido. Si se supone que el tiempo de retorno vertical empieza con el primer borde de la tercera sección dentada, entonces el tiempo de una línea transcurre durante la sincronización vertical antes de que comience el tiempo de retorno vertical. Además, ocurren seis pulsos de igualación equivalentes a tres líneas, antes de la sincronización vertical. Así, se borran $3 + 1 = 4$ líneas en la parte inferior de la imagen, justo antes de que inicie el retorno vertical. El tiempo necesario para el retorno depende de los circuitos de barrido, pero un tiempo de retorno vertical típico es cinco líneas. Mientras que el haz de barrido retorna de abajo arriba en el entramado, se producen cinco líneas horizontales completas. Este retorno vertical puede completarse con facilidad durante el tiempo de borrado vertical. Con 4 líneas borradas en la parte inferior antes del retorno y 5 líneas borradas durante el retorno, quedan 12 líneas del total de 21 durante el borrado vertical. Estas 12 líneas borradas están en la parte de arriba del conjunto de líneas barrido o entramado al principio del trazo vertical hacia abajo. En resumen, se borran 4 líneas en la parte de abajo y 12 en la de arriba de cada campo. En el cuadro total de dos campos, se borran 8 líneas en la parte inferior y 24 en la superior. Las líneas de barrido producidas durante el trazo vertical se hacen negras arriba y abajo de la imagen. La altura de la imagen queda un poco reducida con el borrado, en comparación con el entramado o conjunto de líneas de barrido sin borrado. Sin embargo, es sencillo corregir la altura si se aumenta la amplitud de la forma de onda de diente de sierra para el barrido vertical.

4.5 Información e imagen del video

En la figura 4-8 se ilustra cómo la señal de video corresponde a una imagen que representa a una información visual. En la figura 4-8a, la señal de video corresponde a una imagen de una línea de barrido con una barra vertical negra en el centro de un cuadro blanco, mientras que para la información de la figura 4-8b los colores están invertidos. A la izquierda de la figura 4-8a la señal de cámara obtenida en el barrido activo de la imagen, al inicio, está en el nivel de blanco, que corresponde al fondo blanco. El haz de barrido continúa su movimiento hacia adelante a través del fondo blanco del cuadro y la señal permanece en el mismo nivel de blanco hasta alcanzar la zona central de la imagen. Cuando

se barre la barra negra, la señal de video cambia al nivel de negro y permanece ahí mientras que se barre todo el ancho de la barra negra; entonces la amplitud de la señal cambia hasta el nivel de blanco, correspondiente al fondo blanco, y continúa en ese nivel hasta terminar el movimiento de barrido hacia el lado derecho de la imagen.

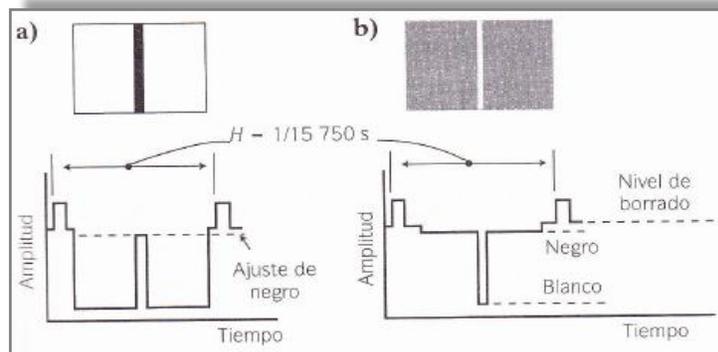


Figura 4-8 a) Imagen con barra vertical negra en fondo blanco. b) Información con barra blanca en fondo negro.

Al final del trazo visible, el pulso de borrado horizontal lleva la amplitud de la señal de video hasta el nivel de negro para preparar el retorno horizontal. Después del retorno, comienza de nuevo el movimiento de barrido hacia adelante en la siguiente línea horizontal y de esta manera se barren todas las líneas horizontales sucesivas de los campos pares e impares. Como resultado, la señal de video correspondiente a toda la imagen contiene una sucesión de señales con formas de onda idénticas a las mostradas en la figura 4-8a para cada línea de barrido horizontal activa. Para la imagen representada en la figura 4-8b la idea es la misma, pero la señal de cámara corresponde a una barra vertical blanca en el centro de un cuadro negro. Esta señal comienza y termina en el nivel negro y a la mitad está en el nivel de blanco. Estos son tipos de imágenes sencillos, pero la correlación se puede ampliar a una imagen que tenga cualquier distribución de luz y sombra. Si el patrón contiene cinco barras negras verticales en un fondo blanco, la señal de video compuesta correspondiente a cada línea horizontal incluirá cinco variaciones rápidas de la amplitud desde el blanco hasta el negro. Supongamos que el patrón consiste en una barra negra horizontal que cruza por el centro de un cuadro blanco. La mayor parte de las líneas horizontales contendrán información de la imagen blanca para todo el periodo de trazo y la amplitud de la señal de

cámara permanecerá en el nivel de blanco excepto en los intervalos de borrado. Sin embargo, para estas líneas horizontales que barren la barra negra, la señal de cámara se produce en el nivel de negro.

4.6 Formas de onda

Una imagen consiste en elementos que tienen diferentes cantidades de luz y sombra con una distribución no uniforme en las líneas horizontales y a través de los campos verticales. Cuando hay movimiento en la escena, la señal de video contiene una sucesión de cambios de voltaje continuos. Dentro de cada línea, la amplitud de la señal de cámara varía para los diferentes elementos de la imagen. Por otra parte, las formas de onda de la señal de cámara de las líneas cambian dentro del campo. La figura 4-9 muestra las formas de onda obtenidas en un osciloscopio para una señal de video con polaridad de sincronización negativa y polaridad de video positiva. La parte inferior de la forma de onda de video corresponde al negro mientras que la parte superior corresponde al blanco.

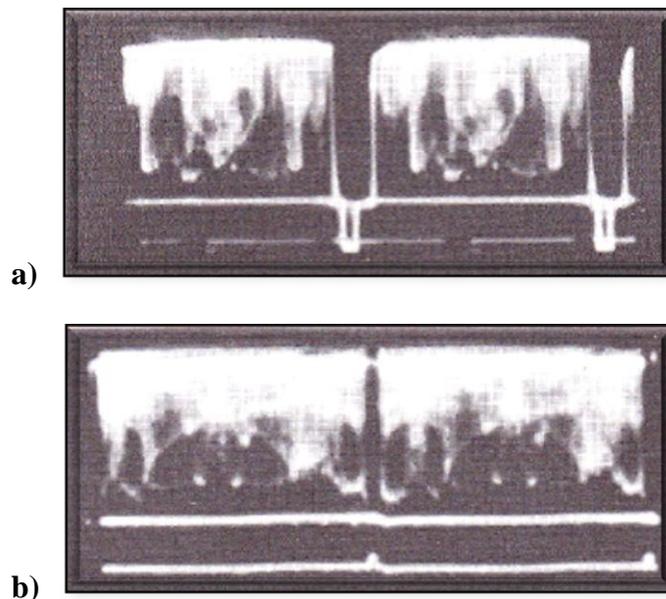


Figura 4-9 Fotografías de una señal de video mostradas en un osciloscopio con la sincronización hacia abajo por la polaridad negativa. a) Dos ciclos de líneas horizontales con información de imagen entre pulsos de borrado H. b) Dos ciclos de la información de imagen vertical entre los pulsos de borrado V.

Donde se puede ver que las variaciones de la señal de cámara aparecen borrosas cuando cambian con el movimiento en la escena. Sin embargo el trazo en el osciloscopio se asegura para los pulsos de borrado H y los pulsos de sincronización a un valor de 15750 Hz o para los pulsos V a 60 Hz. El tiempo horizontal total necesario aproximado para desplegar dos líneas horizontales es 127 μ s; sería deseable establecer un tiempo horizontal base entre 10 y 15 μ s/div para la mayor parte de los casos. El tiempo vertical total necesario para desplegar dos campos verticales es cercano a 33 ms; el tiempo horizontal base de 2.5 – 5 ms/div será un ajuste deseable para la mayoría de los osciloscopios. Hay que observar que casi todos los osciloscopios tienen una posición de barrido vertical y una posición de barrido horizontal en el selector de base del tiempo. Cuando el barrido del osciloscopio se establece en $15750/2 = 7875$ Hz, se ven dos líneas H de la señal de video (figura 4-9a). Cuando la escena muestra a una persona caminando en una habitación, como ejemplo de movimiento horizontal, las variaciones de la señal de cámara se manifiestan a través de la pantalla del osciloscopio entre los pulsos H. Cuando el barrido del osciloscopio es $60/2 = 30$ Hz, se ven dos campos de señal de video (figura 4-9b). Cualquier movimiento vertical en la escena aparece como movimiento en las variaciones de la señal de la cámara a través del trazo entre los pulsos de sincronización. Las líneas que se extienden en la parte superior e inferior de la sincronización vertical en el patrón del osciloscopio son producidas por la sincronización horizontal. Los pulsos de igualación no se ven en este patrón porque el osciloscopio está fijo en la frecuencia de barrido vertical. Para ver los pulsos de igualación y las hendiduras en los pulsos verticales, se debe ajustar la frecuencia de barrido interno del osciloscopio a 31500 Hz o a un submúltiplo.

En general, también deberá expandirse el barrido horizontal del osciloscopio. En la figura 4-10a aparecen las barras horizontales y verticales formando lo que se llama *patrón cuadrículado* (*crosshatch pattern*) de la pantalla del osciloscopio y su principal aplicación es verificar la linealidad de los barridos horizontal y vertical para que tengan igual separación entre las barras. Este patrón cuadrículado se utiliza también cuando se hacen los ajustes de convergencia en los cinescopios de color. En la figura 4-10b, la forma de onda del osciloscopio muestra la señal de video para el barrido de las líneas horizontales en la imagen. El trazo muestra dos ciclos debido a que el barrido de la base del tiempo interno del osciloscopio se establece para producir 7875 Hz, que es la mitad de la frecuencia de barrido horizontal para la señal de video. Cada uno de los dos ciclos en la pantalla del osciloscopio tiene la misma información de video. Las partes que semejan clavos en la forma de onda corresponden a las barras verticales a través del patrón cuadrículado. Se puede observar que la señal H del osciloscopio muestra variaciones en las barras verticales

de la imagen. De hecho, cada ciclo de la señal de video en el patrón trazado representa toda la información visual de la imagen de izquierda a derecha. Las líneas sucesivas de la señal de video a la tasa de barrido H se escanean una tras otra, y se saltan una sí y una no debido al barrido horizontal entrelazado. Cuando hay un movimiento horizontal en la escena, se ven los cambios en la señal de video en la pantalla del osciloscopio. Por ejemplo, si las barras verticales se desplazan un poco a la derecha, las variaciones correspondientes en las amplitudes de la señal de video se moverían de la misma manera.

En la figura 4-10c, la señal de video se usa para barrer los campos verticales de la imagen. Este patrón muestra las variaciones de la información de imagen en dirección vertical. Se ven dos ciclos de la señal de video porque el barrido interno del osciloscopio se establece en 30 Hz, que es la mitad de la frecuencia de barrido V. Cada ciclo de la señal en este patrón representa toda la información de imagen desde arriba hasta abajo, de nuevo para un campo o para cada tercer línea debido al barrido entrelazado. Si las barras horizontales se desplazaran un poco más hacia abajo, se verían las variaciones correspondientes en las amplitudes de la señal de video moverse a través del patrón de trazo del osciloscopio.

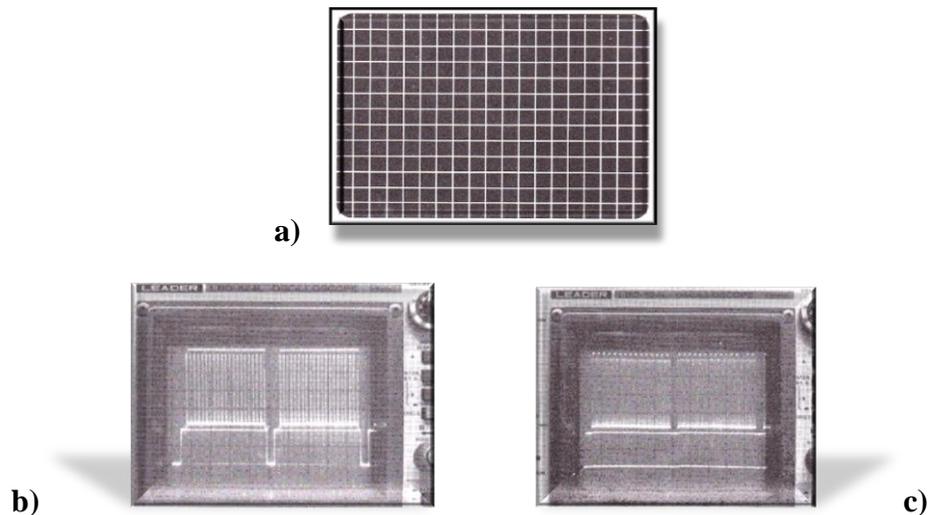


Figura 4-10 a) Patrón cuadrículado en la pantalla del cinescopio. b) Información de imagen horizontal con pulsos de sincronización H. c) Información de imagen vertical con pulsos de sincronización V.

4.7 Frecuencias en la cámara de televisión

Las frecuencias de operación para la señal de video en una cámara de televisión varían entre 30 Hz y 4 MHz; en donde 30 Hz es el extremo inferior de la frecuencia de audio y 4 MHz es el extremo superior de la frecuencia de video. Este intervalo grande de las frecuencias hace que la señal de video sea una señal de banda ancha y abarca un intervalo aproximado de 17 octavas (una octava es el doble o la mitad de una frecuencia). La señal de cámara tiene cambios muy rápidos dentro de una línea debido a que el barrido horizontal es rápido y en especial, una señal de 4 MHz representa un cambio en la amplitud entre dos elementos de imagen sucesivos cuyo barrido horizontal dura $0.25 \mu\text{s}$.

El límite de 4 MHz es sólo una restricción legal determinada para un canal de 6 MHz en las estaciones emisoras de televisión. En el barrido vertical, las variaciones de la señal de cámara tienen frecuencias mucho más bajas porque la velocidad de barrido es más lenta. Una señal de 30 Hz representa un cambio de amplitud entre dos campos sucesivos repetidos a una tasa de 60 Hz. Las frecuencias menores de 30 Hz se pueden considerar como un cambio de nivel de cd.

Frecuencias de video asociadas con el barrido horizontal.

En la figura 4-11 se muestra a la señal de onda cuadrada que representa a las variaciones de la señal de video en una cámara de televisión, durante el barrido de una línea horizontal y si se desea encontrar la frecuencia de esta onda cuadrada. La frecuencia de las variaciones de la señal de cámara es muy importante para determinar si el sistema de televisión puede o no transmitir y reproducir la información de imagen correspondiente.

Para determinar la frecuencia de cualquier variación de señal, debe conocerse el tiempo de un ciclo completo. Un *ciclo* incluye el tiempo desde un punto de la forma de onda de la señal hasta el siguiente punto con la misma magnitud y dirección. Entonces, la frecuencia es el recíproco del periodo. Por ejemplo, el periodo para el barrido de una línea horizontal es $1/15750$ segundos, por lo tanto la frecuencia de barrido de línea es 15750 Hz. Sin embargo, las variaciones de la señal de cámara dentro de una línea horizontal necesariamente tienen un periodo más corto y una frecuencia más elevada.

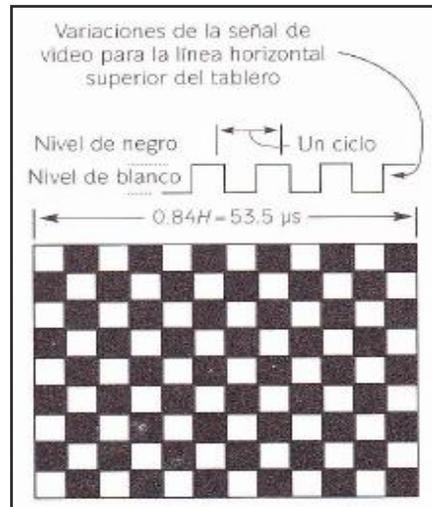


Figura 4-11 Patrón de tablero con 12 cuadros negros y blancos con las variaciones de la señal de video correspondiente

Hay que observar que el ciclo completo de la señal de cámara incluye la información de dos elementos de la imagen adyacentes, uno blanco y el otro negro. Sólo después de barrer el segundo cuadro, la señal de cámara tiene la misma magnitud y dirección que al principio del primer cuadro. Así, para encontrar la frecuencia de las variaciones de la señal de cámara debe determinarse el tiempo que toma el barrido de dos cuadros adyacentes. Este tiempo es el periodo de un ciclo de la señal de cámara obtenida.

Ahora se puede calcular el periodo de un ciclo completo para las variaciones de la señal de cámara de la onda cuadrada si el periodo de barrido horizontal de línea es $1/15750$ o $63.5 \mu\text{s}$, que incluye trazo y retorno. Dado un tiempo de borrado horizontal de $10.2 \mu\text{s}$, el tiempo que queda para el trazo visible es $53.3 \mu\text{s}$. Éste es el tiempo necesario para barrer todos los elementos de la imagen en una línea. Los 12 cuadros de una línea se barran en $53.3 \mu\text{s}$. Para escanear dos cuadros se requiere menos tiempo T , es decir de $2/12$ o $1/6$ de $53.3 \mu\text{s}$ y haciendo el producto:

$$T = 1/6 \times 53.3 \mu\text{s} = 8.8 \mu\text{s}$$

Por lo que si la frecuencia se calcula con la ecuación $f = 1/T$, se puede hacer la división

$$f = 1/T = 1 / 8.8 \mu s = 0.11 \text{ MHz}$$

Información de la imagen.

Cuando se barre una imagen normal, las áreas de dispersión de luz y sombra no producen una señal de onda cuadrada simétrica. Sin embargo, las diferencias de luz y sombra corresponden a cambios en la amplitud de la señal de cámara. La frecuencia de las variaciones de señal de la cámara obtenida siempre depende del tiempo necesario para barrer las áreas adyacentes con diferentes valores de luz.

Cuando se barren objetos grandes con un nivel constante de blanco, gris o negro, las variaciones de la señal de cámara correspondientes tienen bajas frecuencias. La razón es el tiempo relativamente largo entre los cambios de amplitud. Las áreas más pequeñas de luz y sombra de la imagen se barren en las frecuencias más altas de video. Las frecuencias más altas de la señal corresponden a las variaciones entre los elementos de imagen muy pequeños en una línea horizontal, en especial el borde vertical entre un área blanca y un área negra.

Frecuencias de video asociadas con el barrido vertical.

En el extremo opuesto, las variaciones de señal que corresponden a los elementos de la imagen adyacentes en la dirección vertical tienen frecuencias bajas debido a que la tasa de barrido vertical es comparativamente lenta. Las variaciones entre una línea y la siguiente corresponden a una frecuencia aproximada de 10 kHz. Cambios más lentos en distancias más largas en el barrido vertical tienen frecuencias más bajas. La frecuencia muy baja de 30 Hz corresponde a una variación en el nivel de iluminación entre dos campos sucesivos.

Frecuencias de video e información de imagen.

La figura 4-12 muestra la relación entre el tamaño de la información de imagen y las frecuencias de video. El cuerpo principal de la imagen en la figura 4-12a se ilustra en la figura 4-12b con sólo las áreas grandes de blanco y negro. Estas frecuencias de video se extienden hasta 100 kHz. Sin embargo, el detalle con bordes precisos y contornos se logra con frecuencias altas de video de 0.1 a 4 MHz como se ve en la figura 4-12c. La marquesina del edificio está reproducida en la figura 4-12b, pero sus franjas y el letrero pequeño necesitan la reproducción a alta frecuencia en la figura 4-12c.

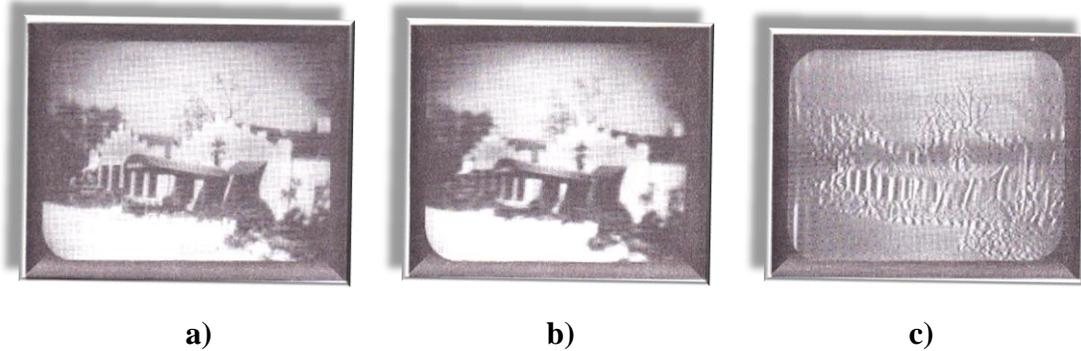


Figura 4-12 Efecto de las frecuencias de video en la reproducción de la imagen. a) Imagen normal. B) Sólo las áreas grandes de la imagen son reproducidas con frecuencias bajas de video hasta de 0.1 MHz. c) Sólo bordes y contornos son reproducidos con frecuencias altas de video entre 0.1 y 4 MHz.

Una aplicación práctica e interesante es que es mucho más fácil obtener una imagen detallada con una toma en primer plano que con una distancia mayor. También en la televisión de color, las vistas de primer plano y el fondo se ven bien debido a las frecuencias relativamente bajas del video de la información de imagen, en comparación con las de las vistas a distancias grandes. En especial, se incluye la información de color en la imagen de televisión sólo para frecuencias de video hasta aproximadamente 0.5 MHz, en la mayoría de los receptores

4.8 Elementos de una imagen

Si se considera un mayor número de cuadros de los que aparece en la figura 4-11, el número máximo de elementos de una imagen se puede calcular al considerar a cada cuadro como un elemento de la imagen y entonces, el número total de elementos en el área es igual al número máximo de detalles en una línea horizontal, multiplicado por el número de detalles en una línea horizontal, multiplicado por el número de detalles de una fila vertical. Sin embargo, los detalles horizontales y los verticales deben considerarse por separado en una imagen de televisión debido al proceso de barrido.

Detalle horizontal

Es posible encontrar el número de elementos correspondientes a 4 MHz, para determinar el máximo número de elementos de una imagen en una línea horizontal y el tamaño del detalle horizontal mínimo posible. El periodo de un ciclo completo para la variación de la señal de 4 MHz es $1/(4 \times 10^6)$ segundos = 0.25 μ s. Este es el tiempo necesario para barrer dos elementos de imagen adyacentes. Como se pueden barrer dos elementos en 0.25 μ s, se pueden barrer ocho elementos en 1 μ s. Por último, se pueden escanear $8 \times 53.3 = 426$ elementos de imagen durante todo el periodo de línea activo de 53.3 μ s. Si hubiera 426 cuadros en la dirección horizontal del patrón de tablero de la figura 4-11, las variaciones de la señal de cámara resultantes producirían una señal de 4 MHz.

Detalle vertical

Cada línea de barrido, en el mejor caso, puede representar sólo un detalle en la dirección vertical. Sin embargo, una línea de barrido puede, de hecho, no representar un detalle vertical debido a que lo perdió completamente. Además, un elemento de imagen puede quedar comprendido entre dos líneas. El problema de establecer el detalle vertical útil, por lo tanto, es determinar cuántos elementos de imagen es posible reproducirlos con un número dado de líneas de barrido.

El número de líneas de barrido útiles para representar el detalle vertical dividido entre el número total de líneas de barrido visibles es lo que se llama *razón de utilización*. Los cálculos teóricos y las pruebas experimentales muestran que la razón de utilización va de 0.6 a 0.8 para diferentes imágenes con contenido normal de imagen. Se puede usar 0.7 como promedio.

Ahora puede determinarse el número máximo posible de elementos verticales. El número de líneas visibles es 525 menos las barridas durante el borrado vertical. Con un tiempo de borrado vertical de 8%, el número de líneas borradas en todo el cuadro es 0.08×525 , o aproximadamente 42 líneas. Algunas de ellas ocurren durante el retorno vertical, y otras son las de barrido en las partes superior e inferior del cuadro, pero todas se borran. Así, quedan $525 - 42 = 483$ líneas visibles con una razón de utilización de 0.7, el número de líneas de barrido efectivo para mostrar un detalle vertical se calcula como:

$$483 \times 0.07 = 338$$

Por lo tanto, el número máximo de detalles verticales que se pueden reproducir con 483 líneas de barrido visibles es aproximadamente 338, donde el valor exacto depende de la razón de utilización.

Número total de elementos de imagen.

Con base en los cálculos anteriores, el número máximo de elementos de imagen posibles para toda la imagen es 426×338 , o 144000. Este número no es independiente de las dimensiones de la imagen. Un solo cuadro de una película cinematográfica de 35 mm tiene alrededor de 500000 elementos de imagen. El cuadro más pequeño de 16 mm contiene una cuarta parte, o cerca de 125000. Entonces la reproducción televisada puede tener más o menos la misma calidad de detalle que la película de 16 mm.

Nuevas mejoras en la resolución de la imagen.

Con el arribo de la pantalla grande, los cinescopios de vista directa y los grandes sistemas de proyección; la imagen aparece granulada. Se pueden hacer mejoras menores en la fuente de la señal añadiendo filtros de peine (*comb filters*) a los circuitos de video para incrementar la frecuencia alta máxima de video. Los nuevos avances en la tecnología, en especial en el procesamiento digital de señales y en el almacenamiento y acceso rápido de la señal digital, han hecho posible a los circuitos que hacen *mejoras a la imagen*.

Algunos de estos circuitos de procesamiento de la señal son unidades externas, mientras que otros se incluyen en el gabinete con todos los circuitos base y todos ellos hacen un muestreo de las líneas de campos pares e impares y crean una nueva línea a partir de las líneas del muestreo, el resultado aproximado es 700 líneas de detalle vertical visible. Esto significa alrededor de un total de 300000 elementos de imagen. Estas líneas mejoradas son esenciales en los sistemas de entretenimiento casero para obtener los resultados deseados. La llegada del sistema de televisión digital promete mejorar más la resolución y detalle del video por completo.

4.9 Componente de corriente continua

La componente de corriente continua CC (Continuous Current) de una señal de video indica el brillo relativo en la escena con respecto al nivel de borrado. En la salida del detector de video la componente de CC de la señal de video esta intacta, tal como se transmite y la razón es que la señal de video esta presente solamente en la envolvente de la señal modulada en amplitud de la imagen, por lo que es necesaria la detección para

recuperar la señal de video y su componente de CC. Para preservar a dicha componente, el amplificador de video suele estar acoplado directamente desde la salida del detector de video hasta el cátodo del cinescopio. Un acoplamiento directo significa que no se utilizan capacitores de acoplamiento en serie. Un capacitor de acoplamiento deja pasar la señal de corriente alterna AC (Altern Current), pero bloquea al nivel de la CC y sin embargo puede ser reinsertada por un circuito restaurador. La pérdida de la componente de CC en una señal de video cuando pasa por un circuito formado por un capacitor y una resistencia (acoplamiento RC) está representada en la figura 4-13.

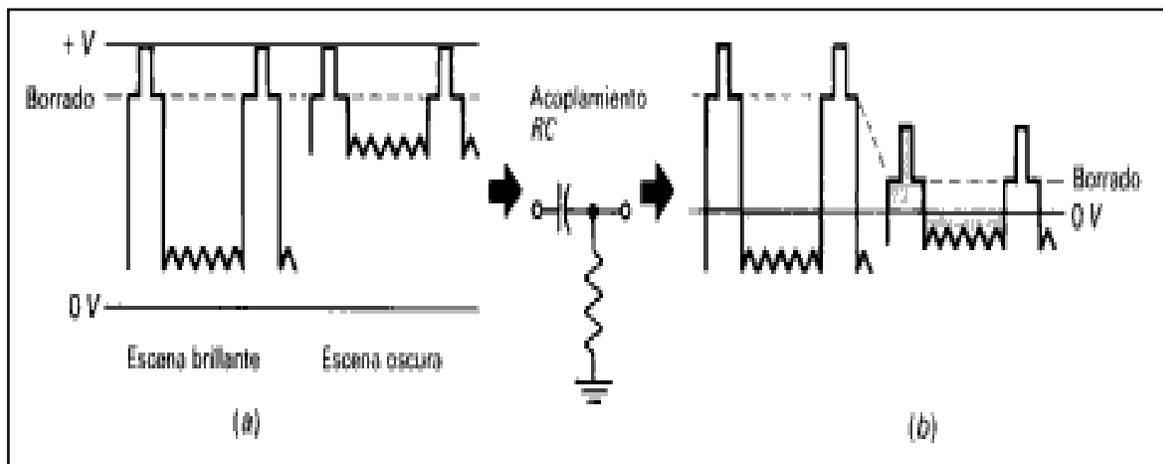


Imagen 4-13 a) Impulsos de sincronismo y borrado alineados con la componente de CC. b) La componente CC. Bloqueada por el circuito de acoplamiento RC.

En la figura 4-13a la señal de video tiene su componente, al salir del circuito RC que forma a la señal de la figura 4-13b el área total está sobre el eje cero de referencia, por lo que al ser sumada la parte que está arriba y la que está por debajo de cero; se obtiene un valor promedio nulo. En consecuencia, los impulsos de sincronismo y el nivel de borrado ya no están alineados en un solo nivel de tensión.

En el cinescopio, en que la polarización ha sido ajustada para poner el nivel de borrado al mismo nivel que el de corte con escenas brillantes, ahora el nivel de borrado estará dentro del área de conducción para escenas oscuras. Los resultados indeseables con:

1. Brillo incorrecto.
2. Líneas de retrazo vertical no borradas.

En los receptores en blanco y negro estos efectos no son tan obvios; pero en todos los demás receptores se utilizan borrado interno para eliminar las líneas de retrazo.

Efecto en la imagen.

El brillo incorrecto puede producir efectos visuales desagradables. La figura 4-14 muestra un ejemplo de una imagen fija sobre una pared blanca. En la figura 4-14a la imagen tiene un equilibrio normal de blanco y negro. En la figura 4-14b, la lente de la cámara fue ajustada para incluir mucha de la pared blanca en el fondo. La adición de demasiado blanco hace que las partes más oscuras de la imagen correspondan a una tensión que excede a la de corte del cinescopio, por lo que ésta aparece demasiado oscura. Además, no son visibles los detalles de gris oscuro. Lo mismo ocurrirá con un actor que tenga una vestimenta oscura y permanezca delante de una cortina blanca. En general, la información de imagen es o bien demasiado oscura contra un fondo blanco o bien es demasiado clara contra un fondo oscuro.

En muchos receptores monocromáticos estos efectos pueden tolerarse porque se emplea acoplamiento RC en el amplificador de video, sin un restaurador de CC y en los receptores en color la pérdida de la componente es causa de colores incorrectos que no pueden ser tolerados. Por esta razón, los receptores en color utilizan acoplamiento directo o restauradores en los receptores, observando el instante en que la imagen se oscurece entre los espacios de publicidad. Los aparatos ajustados correctamente con buena retención de CC se ennegrecen realmente; los otros retienen una trama gris. Una alternativa al acoplamiento directo consiste en restaurar o reinsertar la componente de CC bloqueada por el acoplamiento capacitivo; la componente es reinsertada en la salida del amplificador de video en el circuito que incita al cinescopio.

Un restaurador es un circuito recortador porque corta los picos de sincronismo para mantener éste en un nivel fijo de tensión. Así es restaurada la señal de video a la forma original que tenía en la salida del detector de video. El circuito restaurador utiliza un diodo para rectificar la propia señal de video y la señal rectificada indica cuándo debe ser reinsertado el nivel de CC.

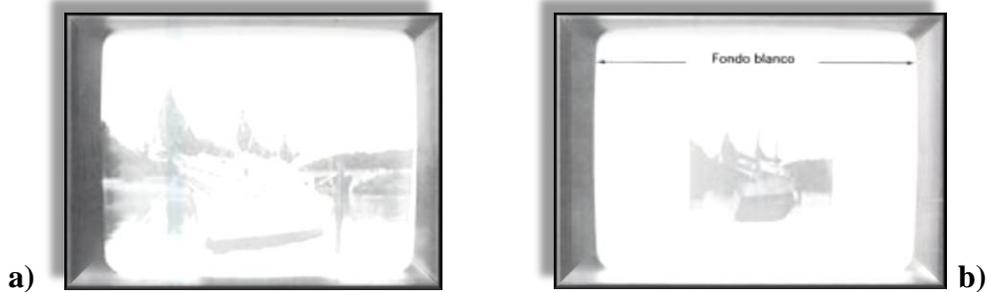


Figura 4-14 Efectos visuales de la componente CC. a) Brillo correcto. b) Pérdida de la componente

4.10 El factor gamma

Gamma es un factor numérico que se utiliza en la transmisión y en la reproducción de una imagen; para indicar cómo se expanden o comprimen los valores de su luminosidad. En la figura 4-15 aparecen las características de dicho factor, en donde el valor numérico de gamma es igual a la pendiente de la parte recta de la curva donde está más inclinada. Una curva con gamma menor que 1 se arquea hacia abajo, como en la figura 4-15a, donde la mayor pendiente ocurre en el inicio y la parte relativamente plana, al final. Cuando gamma es mayor que 1, la curva dobla hacia arriba, como en la figura 4-15b, y la pendiente al inicio es relativamente plana mientras que al final es más pronunciada. Con una gamma igual a 1, el resultado es una línea recta, como en la figura 4-15c, y la pendiente es constante.

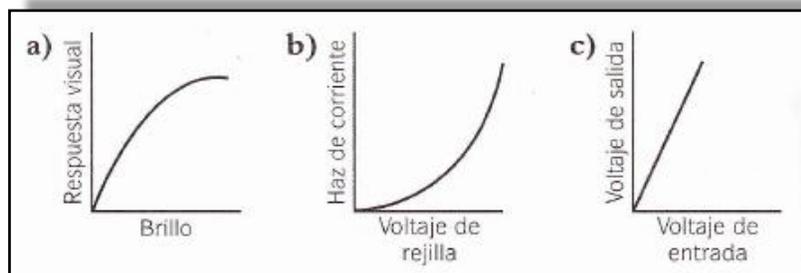


Figura 4-15 Características de gamma. a) Respuesta visual del ojo con una gamma menor que 1. b) Característica del cinescopio con una gamma igual a 2.2. c) Característica lineal de un amplificador con una gamma igual a 1.

Una gamma con valor unitario implica una característica lineal, sin valores de luminosidad exagerados. Cuando gamma es mayor que 1 para las partes blancas de la imagen, la reproducción aparece con mucho “contraste” porque el aumento en el nivel de blanco se expande por la pendiente, y resalta las partes blancas de la imagen.

Las películas de cine que se muestran en una sala oscura tienen esta apariencia de alto contraste. Los valores de gamma menores que la unidad para las partes blancas de la imagen comprimen los cambios en los niveles de blanco para que la imagen parezca más suave, con graduaciones más evidentes en el nivel de gris. En el sistema de televisión se puede asignar un valor de gamma a cualquier componente para describir la forma de su curva de respuesta y las características de contraste. Por ejemplo, los cinescopios tienen la curva característica de control ilustrada en la figura 4-15b. El voltaje de la señal de video se aplica entre el cátodo y la rejilla de control del cañón de electrones en el cinescopio, con la polaridad requerida para que las variaciones de la señal de las partes blancas de la imagen caigan en esa parte de la curva de respuesta con mayor pendiente. Como resultado, una variación en la amplitud de la señal de video en el nivel de blanco produce un cambio mayor en el haz de corriente y más brillo en la pantalla que en el nivel más negro. Así, los cinescopios realzan las partes blancas de la imagen con valores de gamma típicos de 2.2 a 3.5. La película comercial también tiene una gamma mayor que 1, con un valor promedio de 1.5. Los amplificadores con operación lineal (ver figura 4-15c) tienen una gamma muy cercana a la unidad.

La respuesta en línea recta muestra que el voltaje de la señal de salida es proporcional al voltaje de la señal de entrada, sin resaltar el nivel de la señal. Sin embargo, si se desea, se puede conseguir que un amplificador opere en la parte curvada de su curva característica de transferencia si se cambia la polarización de operación. El amplificador no lineal se puede utilizar como una etapa de control de gamma. Un valor de gamma de 0.4545 compensa el de 2.22 para obtener una gama total igual a 1. El valor de gamma de 0.4545 suele introducirse en la cámara de video para compensar la gamma de 2.2 del cinescopio.

4.11 Diferencias entre el video con y sin color

La figura 4-16 muestra las diferencias entre una señal de video monocromática y una de color, en donde la señal de video difiere, además de los tres colores con la señal de crominancia (C) de 3.58 MHz. Las amplitudes relativas de los colores en la figura 4-16a disminuyen desde el blanco (primer nivel), el gris y luego el negro (tercer nivel); estos niveles corresponden al brillo relativo o luminancia de la información monocromática.

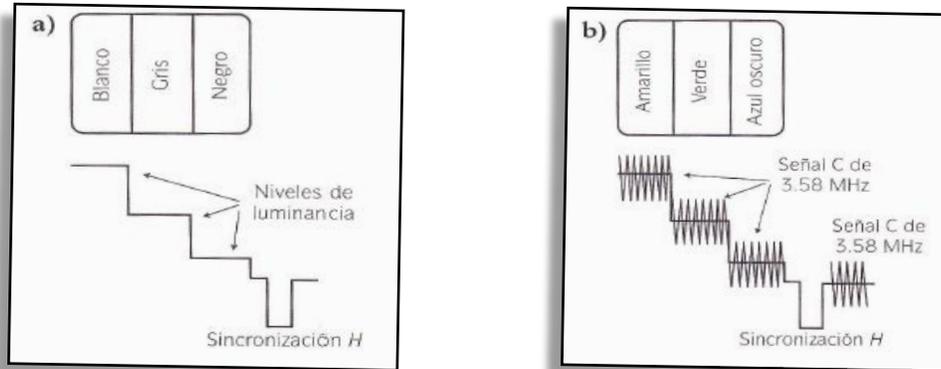


Figura 4-16 Señal de video con y sin color. a) Señal monocromática sólo para información de imagen de blanco, gris y negro; b) Señal de crominancia de 3.58 MHz para la información de color.

En la figura 4-16b las amplitudes de los colores para una información de color disminuyen desde el amarillo (primer nivel), verde y el azul (tercer nivel); en donde, además, se agrega a la señal de video la señal de crominancia de 3.58 MHz y la diferencia entre la televisión monocromática y la televisión de color consiste en dicha señal de crominancia de 3.58 MHz. Se puede ver como los niveles de luminancia en las dos figuras son los mismos y esto significa que sin la señal C, las barras de color de la figura 4-16b se reproducirían monocromáticamente como las barras de blanco, gris y negro de la figura 4-16a. También hay que observar que la señal de color en la figura 4-16b tiene una ráfaga de sincronización de color en el umbral posterior de la sincronización horizontal. Esta ráfaga consiste en 8 a 11 ciclo de la señal portadora de color de 3.58 MHz y su objetivo es sincronizar el oscilador de color de 3.58 MHz en el receptor. La ráfaga y la señal C son ambas de 3.58 Mhz, pero la ráfaga no tiene información de imagen, ya que sólo está presente durante el tiempo de borrado.

TEMA 5

PRUEBAS DE LA SEÑAL DE VIDEO

5.1 Seguridad

Existe un problema asociado con los cinescopios porque aparecen manchas de color en las esquinas del monitor y esto se produce por los rasgos electromagnéticos que dejan los altavoces; si se deja mucho tiempo un monitor cerca de un campo magnético fuerte el monitor puede magnetizarse y aparecerán colores equivocados en el área afectada. Los rayos catódicos de cada color primario incidirán en áreas equivocadas de otros colores mostrándose imágenes alteradas. Si la magnetización es débil el problema desaparecerá con el tiempo pero si es fuerte el problema será permanente. La mayor parte de los televisores y las computadoras han incorporado un sistema llamado desmagnetizado (*degausador*) que reduce o elimina el imantado indeseado al aplicar un fuerte campo magnético al cinescopio, cada vez que se encienden o activándolo desde algún botón o menú interno.

El propósito de la desmagnetización en un cinescopio es eliminar el flujo magnético de los metales que se han magnetizado, ya que cualquier acero en el chasis y sus soportes, el marco interno que sostiene la máscara de sombra y la misma máscara están sujetos al magnetismo inducido. Estos campos magnéticos locales pueden afectar la trayectoria de los electrones en el cinescopio, provocando errores en el haz de incidencia que generan la contaminación de la pureza de color. Por esta razón, los altavoces y otros dispositivos que contengan imanes deben mantenerse alejados de un receptor de color. Sin embargo, existe un campo magnético permanente ineludible que es el campo magnético de la Tierra, donde todos estamos inmersos.

El magnetismo terrestre es la razón principal de que la desmagnetización sea necesaria para los cinescopios de color. Con un cinescopio monocromático, la desmagnetización no es un problema. Sin embargo, para los cinescopios de color, la magnetización afecta la pureza del color y la convergencia de los tres haces de electrones; por lo que el equipo debe ser desmagnetizado manualmente usando cualquiera de los dos tipos de bobina que se muestran en la figura 5-1.

Los requerimientos para la desmagnetización son de una corriente alterna de 2A, una bobina de 450 vueltas de un cable del número 20, con un diámetro de la bobina de 12 pulgadas (305 mm), como en la figura 5-1a. Esta bobina produce una fuerza magnetomotriz de 900 A por vuelta. El tipo mostrado en la figura 5-1b produce un campo magnético de mayor intensidad, pero está más concentrado.

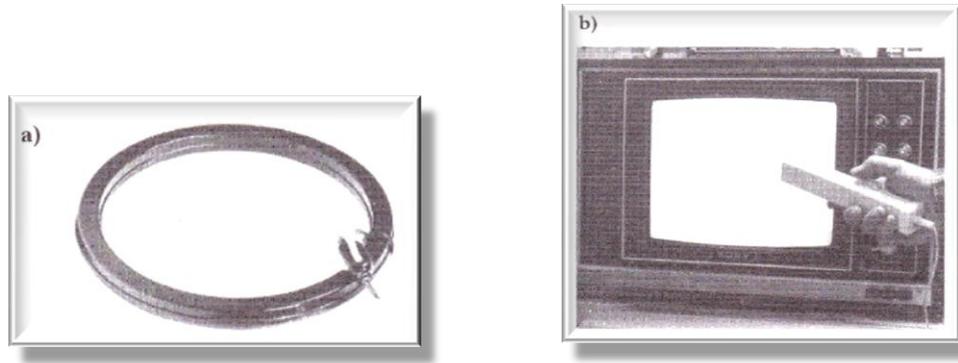


Figura 5-1 Bobina desmagnetizadora. a) Tipo anillo. b) Tipo núcleo de hierro

Uso de la bobina desmagnetizadora.

Se sostiene la bobina cerca de la pantalla y se mueve despacio alrededor, paralela a la pantalla, arriba y a los lados del gabinete; esto se hace unas cuantas veces para cubrir el área completa. Después, para reducir el campo gradualmente a cero, se aleja la bobina del televisor, tan lejos como el cable de conexión lo permita. Por ningún motivo se debe desconectar la energía de la bobina mientras se hace la desmagnetización, aunque el receptor puede estar encendido o apagado.

Con el televisor encendido se ven hermosos patrones de color en la pantalla mientras que se mueve la bobina. La desmagnetización hace más que eliminar el campo magnético inducido con anterioridad. También construye un campo magnético local que compensa parcialmente el efecto del campo magnético de la Tierra.

Desmagnetización automática

En la figura 5-2 se muestra a un conjunto de bobinas desmagnetizadoras que están construidas en el arnés que soporta al cinescopio, arriba, abajo y a los lados de la pantalla. También el circuito de desmagnetización automática ADG (*Automatic Degaussing*) que ha sido diseñado para compensar el campo magnético de la Tierra, sin importar la posición del televisor.

En este método el cinescopio se desmagnetiza de manera automática cada vez que se enciende el televisor porque una corriente alterna pasa a través de estas bobinas cuando se

enciende el televisor y después, la corriente disminuye con rapidez a un valor de casi cero Amperes en una fracción de segundo.

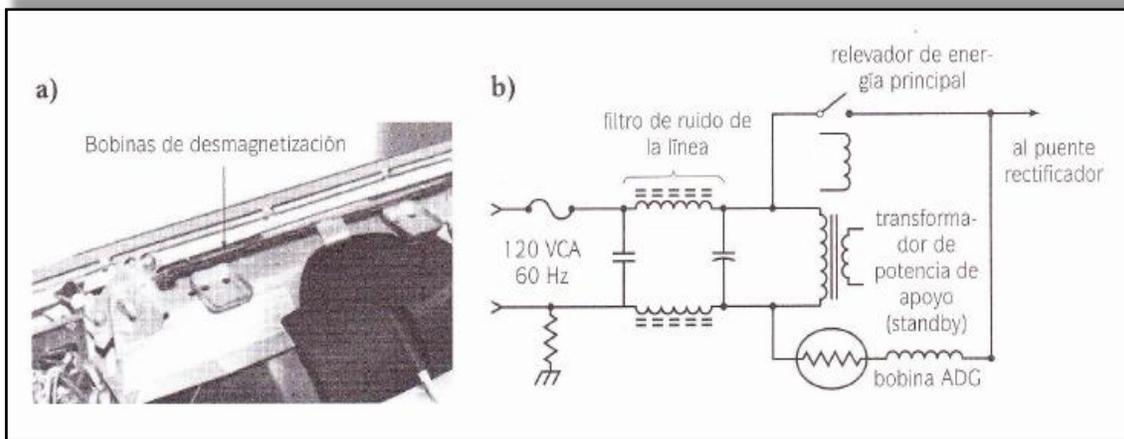


Figura 5-2 a) Bobinas alrededor de la campana ancha de un cinescopio. b) Circuito de ADG conectado a la línea de corriente alterna

El control de la corriente de desmagnetización se logra mediante un resistor dependiente de la temperatura llamado *termistor* que se encuentra en serie con las bobinas, el cual es prácticamente un corto circuito cuando está frío y es un circuito abierto cuando la corriente de desmagnetización lo calienta. Como resultado, se tiene un valor alto de corriente para una ráfaga de corriente de desmagnetización y después una pequeña corriente de fuga. Es probable oír la acción de desmagnetización cuando se enciende un televisor, por lo que se escucha un sonido como el zumbido de una laminadora de núcleo de hierro, que duran fracciones de segundo. El efecto no es visible en la pantalla porque la desmagnetización termina mucho antes de que los cátodos del cinescopio lleguen a la temperatura de emisión.

5.2 Carta de ajuste

La carta de ajuste es una señal de prueba de televisión que se suele transmitir en ausencia de programación y su finalidad es la de mantener activa toda la cadena de emisión para facilitar el ajuste en los diferentes elementos que componen la misma; en especial en los receptores de televisión. Su utilización se viene produciendo desde las primeras

emisiones de televisión. Las primeras cartas de ajuste fueron cartas físicas a las que apuntaba una cámara de televisión. En la actualidad se utilizan diversos tipos de generadores de carta de ajuste que proporcionan una imagen que contiene los diferentes elementos destinados a los ajustes concretos, incluso llegaron existir cartuchos de vídeo juegos que generaban dichas imágenes para uso en receptores caseros.

Una carta de ajuste debe contener una serie de elementos que permitan la inspección inmediata y rápida de la calidad de la señal de televisión cuando se observa sobre un puente de monitoreo compuesto por un monitor de imagen y un monitor forma de onda. Las cartas de ajuste se emiten normalmente con un fondo musical compuesto por la compañía transmisora para no tener que pagar derechos de autor por otras composiciones, un tono, o la retransmisión de una emisora de radio propiedad del mismo emisor.

Modelos de carta de ajuste.

Existen diferentes modelos de una carta de ajuste que dependen del fabricante, como es el caso de la marca Philips con su patrón PM5544, la carta de ajuste estándar desarrollada por la Asociación Electrónica EIA (*Electronic Industries Association*) o el particularizado que haya encargado la emisora de televisión. Todas ellas introducen a una serie de elementos que tienen como finalidad el determinar rápida y eficientemente sobre el monitor el ajuste y respuesta de la emisora de televisión y el receptor. En la figura 5-3 se muestra la carta de ajuste marca Phillips. En la figura 5-4 se muestra la carta de ajuste de la asociación EIA.

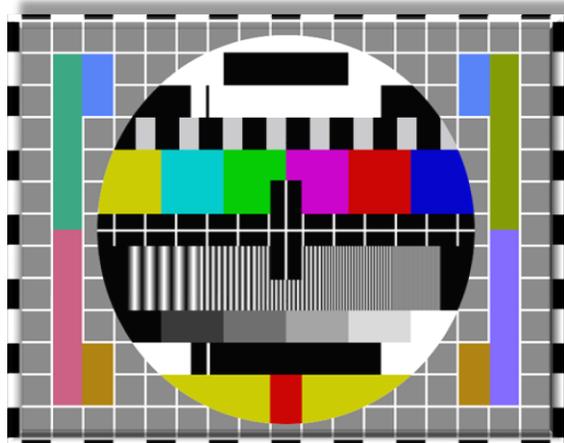


Figura 5-3 Carta de ajuste de la marca Phillips

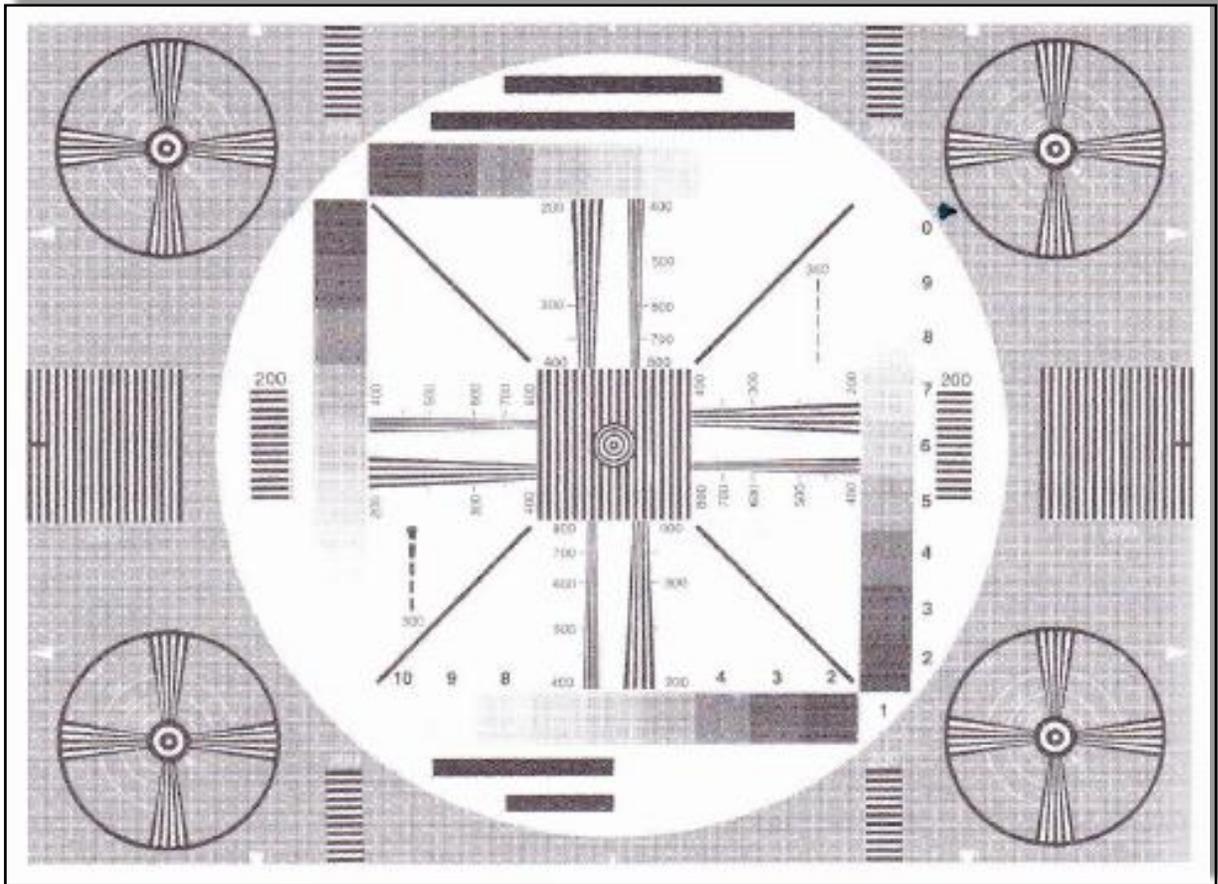


Figura 5-4 Carta de ajuste de la Asociación EIA

Almenado

Un almenado es un método de alternancia de los cuadros blancos al 100% y de los cuadros negros al 0% que se sitúan en todo el perímetro de una imagen y sirve para facilitar el posicionamiento de la imagen en la pantalla de un televisor y de una computadora. Este almenado detecta que el separador de sincronismos no funciona bien cuando se produce desplazamientos laterales entre las almenas negras y las blancas; también sirve como indicación de la respuesta a baja frecuencia de toda la cadena de transmisión que se visiona como variaciones del nivel de luminancia del resto de la imagen dependiendo de la almena que corresponda, blanca o negra.

Retícula

Lo que hace las veces de fondo de la imagen es una retícula compuesta de cuadrados perfectos de una línea blanca al 100% sobre 19 líneas grises al 30%. Tiene las siguientes funciones:

- Comprobación de la geometría de la imagen en tamaño horizontal y vertical y linealidades; así como otra serie de distorsiones geométricas como el efecto cojín o el efecto barril.
- Facilita el ajuste de convergencia del tubo de rayos catódicos, es decir que los tres cañones electrónicos, uno para cada color primario coincida en el sitio correcto.
- Facilita el ajuste de foco del cinescopio.
- Indica el estado del ajuste de pureza del cinescopio mediante el fondo gris.

Rectángulo

Se llama así porque tiene la forma de un rectángulo de color ocre amarillo enmarcado con una línea blanca y que esta situado en el centro de la imagen. Las características son; luminancia: 60%, amplitud de la crominancia: 0.369, fase de la crominancia: 135°, tonalidad: amarillo ocre, saturación 99%. Sus funciones son las siguientes:

- Dar una idea del retardo luminancia crominancia.
- Visualiza las distorsiones en baja frecuencia.
- Facilita el ajuste de la saturación en el monitor o televisor.

Círculo

También esta situado en el centro de la imagen, sobre y dentro del rectángulo, y es en donde se ubican las demás señales. Proporciona una visión rápida de la geometría de la imagen. Las características son; diámetro: 512 líneas, luminancia: 45%, amplitud de la crominancia: 0.169, fase de la crominancia: -45°, tonalidad: azul, saturación: 87%.

Barras de color

Dentro del círculo hay un tramo de barras de color al 75% de amplitud y al 100% de saturación; que permite ver la respuesta a la cadena de transmisión sobre los parámetros de la crominancia. Sus características aparecen en la tabla 5.1.

Barra	Luminancia	Amplitud de croma	Fase de croma
Amarillo	0,67	0,336	167,1º
Cian	0,53	0,474	283,5º
Verde	0,44	0,443	240,7º
Magenta	0,31	0,443	60,7º
Rojo	0,23	0,474	103,5º
Azul	0,086	0,336	347,1º

Tabla 5-1 Características de las barras de color

Escalera de grises

Debajo de las barras de color se suele colocar a una escalera de grises de seis peldaños, que permite verificar el ajuste del factor gamma de una de televisión y la respuesta de linealidad de la cadena de transmisión. La amplitud de los peldaños varía con una relación del 20% obteniéndose los siguientes valores de grises por cada uno de los 6 peldaños:

- 1) Negro = 0
- 2) Gris = 0,2
- 3) Gris = 0,4
- 4) Gris = 0,6
- 5) Gris = 0,8
- 6) Blanco = 1

Escala de frecuencia

Existe una señal de escala de frecuencia que esta constituida por cinco paquetes de multi frecuencia (multi burts) de 0,5, 1,25, 2,25, 4,2 y 4,8 MHz; que permiten apreciar la respuesta en frecuencia de la cadena de transmisión. Los paquetes de 4,2 y 4,8 deben tener las interferencias debidas a los 4,43 MHz de la portadora de color. Se sitúa dentro del círculo, el blanco es al 100% y el negro al 0%.

Señal de impulso

Bajo los cinco paquetes de multi frecuencia se suele poner una barra para una señal llamada de impulso, que consiste en un rectángulo negro, precedido y seguido de sendas barras blancas, con una línea vertical blanca que es un impulso 2T. Esta señal nos muestra el estado de la cadena de transmisión a las altas frecuencias, así como la recepción de ecos y rebotes cuando se ve en la pantalla de una televisión.

Retícula central

La retícula central esta situada en el centro de la imagen, entre las barras de color y la escala de grises; facilita su centrado en la pantalla y nos permite ver el estado de las convergencias en esta zona. Son líneas blancas al 100%.

Recuadro

El recuadro permite verificar la respuesta a bajas frecuencias de la cadena de transmisión. Son líneas blancas al 100% y a estas señales se les suele añadir el logotipo del canal emisor y un reloj sincronizado con el reloj maestro del canal emisor.

5.3 Pruebas con la carta de ajuste EIA

En la figura 5-4 se mostró a la carta de ajuste de la Asociación de la Industria Electrónica EIA para conocerla y en ella aparecen cuatro pares de cuñas con líneas convergentes para aumentar el valor de la resolución y la verificación de linealidad. Las cuñas superiores e inferiores deben tener la misma longitud para que la linealidad vertical sea buena. Además, las cuñas laterales deben ser iguales para que la linealidad horizontal sea buena. A continuación se comentan las cuñas para verificar la resolución horizontal, para verificar la resolución vertical, para verificar la resolución en las esquinas y para las rayas en la imagen.

Verificar la resolución horizontal

El valor de resolución horizontal está marcado en las cuñas superiores e inferiores, desde la parte más ancha de la cuña marcada con el número 200, las líneas convergen hasta la resolución de 400 líneas en que la cuña se encuentra con el cuadro del centro. La separación para la cuña adyacente continúa la resolución desde 400 hasta 800 líneas. La resolución se puede verificar observando el punto de la cuña en que las líneas individuales

ya no se ven, sino que aparecen borrosas. Esto ocurrirá en la resolución de 250 líneas para un receptor de color típico. La resolución de las líneas más altas se puede ver en las pantallas grandes de vista directa y en los receptores/monitores de proyección con los circuitos mejorados para la separación de la señal de crominancia.

Se puede hacer una conversión aproximada de las líneas de resolución horizontal a MHz del ancho de banda de la señal de video, dividiendo el número de líneas entre un factor de conversión con valor 80. El resultado son los MHz de la frecuencia de video. Por ejemplo, 250 líneas divididas entre el factor 80 se convierten en

$$250 \text{ líneas} / 80 = 3.125 \text{ MHz}$$

Este valor para la frecuencia de video más alta es típico en la mayoría de los receptores de color, porque una red incorporada al amplificador de video de luminancia filtra 3.5 MHz para minimizar la interferencia de la señal de color. El factor de conversión 80 se puede deducir como sigue: con N líneas de resolución el número de ciclos completos es N/2 para las variaciones de la señal a través del negro en cada línea de la cuña y el espacio blanco entre líneas. El trazo visible dura 53.3 μ s para el barrido horizontal, pero sólo se aprovechan tres cuartos del tiempo a causa de que los valores de resolución se dan en términos de la altura de la imagen, que es tres cuartos del ancho. Este tiempo es 53.3 μ s X 0.75 = 40 μ s. Así en 40 μ s se producen N/2 ciclos de señal de video y en un ciclo T = 40 μ s / (N/2) se puede calcular el valor de la frecuencia como:

$$F = 1 / 40 \times 10^{-6} \text{ s} (N/2) = N/80 \times 10^6 \text{ Hz} = N/80 \text{ MHz}$$

Donde el valor de N corresponde al número de líneas que se quieren convertir en MHz, por ejemplo para 335 líneas se tiene: 335/80 = 4.19 MHz

Verificar la resolución vertical.

La resolución vertical está marcada en las cuñas laterales. Un valor común para los receptores es la resolución de 330 líneas. La obtención de una buena resolución vertical depende principalmente de tamaño del punto de incidencia del haz, de su enfoque y del entrelazado de las líneas de barrido. Las mejoras en la construcción del cinescopio y el diseño de nuevos circuitos aumentaron el valor de 330 líneas. Una mejora importante para los sistemas de video de pantalla grande con vista directa es el uso de duplicadores de línea. Al utilizar técnicas digitales, los productos usan estos duplicadores para obtener la resolución vertical adicional que mejora la calidad de la imagen. Estas unidades tendrán

resoluciones verticales de 700 líneas. Sin esta expansión de resolución vertical, las imágenes de proyección, o en pantallas grandes de vista directa, resultan muy granuladas.

Verificar la resolución en las esquinas.

Se utilizan cuñas similares en las cuatro esquinas de la carta de ajuste para medir la resolución en las esquinas, ya que en las esquinas hay menor resolución que en el centro, en especial, para los cinescopios de gran ángulo y los valores de la resolución especificados para los cinescopios de cámara están dados para el centro y las esquinas.

Verificar rayas en la imagen.

Las rayas que se pueden presentar en una imagen son en esencia un problema de distorsión de fase para frecuencias de video menores de 100 KHz. En general, aparecen como una continuación de una barra ancha de información de imagen después de un cambio brusco a un color opuesto. Por ejemplo, una barra negra ancha puede mostrar rayas a la derecha hacia un área blanca, o el blanco puede verse como embarrado en las áreas negras. La figura 5-5 es un ejemplo de rayas o manchas en la imagen.

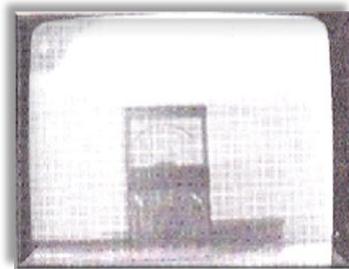


Figura 5-5 Imagen con rayas o manchas.

La causa de la producción de rayas es la distorsión de fase en las frecuencias de señal de video de 10 a 100 KHz. En la señal de video, la distorsión de fase puede verse como una inclinación en la onda cuadrada de la información de imagen. La distorsión de fase en un amplificador significa que la variación del ángulo de fase no es proporcional a la frecuencia. En la carta de ajuste EIA de la figura 5-4, se observan dos barras negras anchas en la parte superior del círculo o disco blanco grande y dos barras en la parte inferior. La

frecuencia a la que la distorsión de fase y la imagen con rayas o borrosa se puede observar está relacionada con el ancho de estas barras. Por ejemplo, la distorsión de fase en 100 KHz se ve como rayas en la imagen de la barra más corta, en la parte inferior del disco blanco. La barra más larga, que es la segunda desde la parte superior, puede indicar rayas en la imagen en 30 KHz. Esta barra es cerca de $3 \frac{1}{3}$ veces más baja, comparada con la barra más corta. Los valores intermedios son 50 KHz para la barra superior y 60 KHz para la segunda barra desde abajo.

5.4 Pruebas para oscilaciones transitorias de la imagen

La distorsión de frecuencia en una imagen debido a mucha ganancia en un circuito amplificador para algunas frecuencias altas de video, da lugar a una oscilación transitoria o de sobre disparo. En general, la ganancia excesiva ocurre en el intervalo de frecuencias de 2 a 4 MHz, en donde el amplificador es casi un circuito oscilador porque puede ser excitado durante varios ciclos de oscilaciones por una variación transitoria abrupta de la señal de video. La oscilación transitoria se puede ver en la carta de ajuste como un aumento de contraste en algún punto de las cuñas verticales. Para obtener la frecuencia con que ocurre la oscilación transitoria se divide el número de líneas de resolución entre 80. La figura 5-6 muestra un ejemplo de oscilación transitoria en la imagen, en donde se pueden ver los contornos múltiples en las orillas.



Figura 5-6 Oscilaciones transitorias en la señal.

Además, los guiones negros verticales en el disco blanco de la carta EIA proporcionan varias transiciones abruptas en el barrido horizontal. En la figura 5-4 hay dos grupos de

estos guiones, uno en el cuadrante superior derecho y el otro en el inferior izquierdo. El espesor de cada línea vertical representa una sola línea de la resolución horizontal en los intervalos de 100 a 300 y de 350 a 550. Una línea más delgada corresponde a mayor resolución. En el cuadrante inferior izquierdo, el número 300 en la parte inferior del grupo de cinco guiones corresponde al guión inferior. Luego los guiones se hacen más gruesos, progresando hasta la resolución de 100 líneas para el guión más ancho en la parte superior del grupo. En el cuadrante superior derecho, el número 350 arriba del grupo de cinco guiones corresponde al guión superior. Luego los guiones se hacen más delgados, hasta la resolución de 550 líneas para el guión más fino en la parte inferior del grupo. La oscilación transitoria en la imagen se muestra como mayor contraste, con líneas múltiples hacia la derecha en cada uno de los ciclos de oscilación transitoria. Como cada guión individual representa una frecuencia particular, la condición de oscilación transitoria parece peor allí donde la ráfaga de energía corresponde a la frecuencia en que ocurre la oscilación en el circuito amplificador de video. De nuevo, para convertir el número de líneas de resolución en la carta de ajuste a su frecuencia de video se divide entre 80. Por ejemplo, supongamos que la oscilación transitoria ocurre en la marca de resolución de 300 líneas. La frecuencia de video correspondiente es $300/80 = 3.75$ MHz. Este valor es la frecuencia con que oscila el circuito amplificador de video. En realidad, puede ser admisible una pequeña cantidad de oscilación transitoria, porque mejora el contraste en los detalles de alta frecuencia que aparecen en los bordes verticales de los objetos en la pantalla. Sin embargo, cuando se producen prolongaciones de las líneas es inaceptable la oscilación excesiva.

5.5 Patrón de prueba de cuadrícula.

Para revisar la linealidad de deflexión es necesaria una referencia independiente. Por ejemplo, supongamos que el monitor muestra una carta de ajuste ovoide. La linealidad pobre puede ser tanto de la cámara como del monitor. Si la deflexión del monitor se ajusta para un círculo pero la no linealidad está en la cámara, el problema de linealidad aparecerá en cuanto se use otra fuente de señal. Sin embargo, el monitor se puede verificar de manera independiente utilizando señales de prueba electrónicas para la linealidad. En especial se usa un generador de señal de cuadrícula. Esta figura consiste en líneas blancas verticales y horizontales igualmente espaciadas sobre un fondo negro. También se utiliza para comprobar la convergencia de los cinescopios de color.

No es muy caro adquirir estos generadores de cuadrícula o de otras señales de servicio relacionadas con los receptores o monitores de televisión. Los patrones de cuadrícula y

otras señales de servicio y ajuste relacionadas con los cinescopios pueden verse directamente en Internet. La carta de ajuste de cuadrícula es una referencia independiente para la linealidad debido a que el espaciado uniforme de las líneas se produce por señales cuyas frecuencias son múltiplos de las frecuencias de barrido H y V. Un ejemplo es el generador de barras de color del estudio que también crea un patrón de cuadrícula. Hay 17 barras verticales y 14 barras horizontales producidas por osciladores que trabajan a 315 KHz y 900 Hz respectivamente. El oscilador de 315 KHz genera 20 barras verticales, porque 315 KHz es 20 veces la tasa de barrido H de 15750 KHz. Sin embargo, aparecen tres barras en el tiempo de borrado H, lo cual deja visibles $20 - 3 = 17$ barras verticales. Además, el oscilador de 900 Hz produce 15 barras horizontales, porque $900/60 = 15$. Sin embargo, durante el tiempo de borrado V ocurre una barra, lo que deja visibles 14 barras horizontales. Las figuras 5-7 y 5-8 son ejemplos de no linealidad horizontal y vertical en una carta de ajuste de cuadrícula.

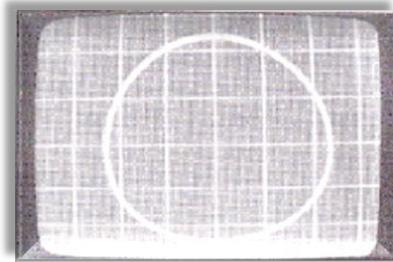


Figura 5-7 No linealidad vertical en el patrón de prueba de cuadrícula. La imagen está alargada arriba y comprimida abajo. Los puntos identifican la esquina inferior derecha.

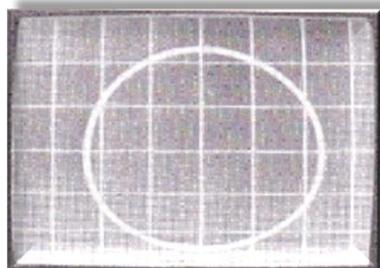


Figura 5-8 No linealidad horizontal en el patrón de prueba de cuadrícula. El círculo aparece ovalado.

5.6 Prueba para luminancia y color

Un generador de barras de color produce señales repetibles y precisas de barras verticales de color que se pueden utilizar para procesos de verificación y ajuste de la luminancia y color. Las señales están codificadas en la frecuencia portadora de color de 3.58 MHz y en particular, la EIA ha desarrollado una señal de barras de color que corresponde al patrón de la figura 5-9, el cual cumple con la norma EIA RS-189a. Hay muchas características que facilitan las pruebas para corregir la luminancia y color.

Las tres cuartas partes de la porción superior de la altura de la figura 5-9 incluyen siete barras verticales del mismo ancho. La primera de la izquierda es blanca, luego le siguen las barras de amarillo, cyan, verde, magenta, rojo y azul en todo el ancho de la imagen. Esta secuencia fue elegida porque los valores de luminancia forman una curva decreciente escalonada de la señal Y. De los colores, el amarillo tiene el valor más alto de luminancia 89%, que es igual a $0.59G + 0.30R$. En el extremo opuesto, el azul tiene la luminancia más baja, 11%. La cuarta parte de la porción inferior de la altura de la imagen contiene una barra blanca corta con luminancia de 100%, debajo de las barras de amarillo y cyan. Como resultado, se pueden comparar estos valores de luminancia respecto al blanco. Además, las señales de color para $-I$ y $+Q$ están a la izquierda y a la derecha de la barra blanca. El color negro de video está a la derecha de la señal $+Q$. Algunas variaciones de este estándar se utilizan en ciertas estaciones de transmisión y suministros de enlaces de subida del satélite.

Barras de color de 100 y 75%.

Los primeros generadores producen barras de color saturadas a 100%. Este valor significa que las señales R, G y B están en el codificador a 100% del nivel para el nivel máximo de blanco, o 100 unidades IRE. Sin embargo, este método coloca una carga que no es necesaria en el equipo de transmisión a causa de los valores pico de la señal de croma modulada de 3.58 MHz. Por ejemplo, para la barra amarilla, el nivel máximo es 33% arriba del nivel máximo de blanco, debido a la alta luminancia. Además, la baja luminancia de la barra azul da lugar a amplitudes de señal de 33% abajo del valor de ajuste negro.

Estos valores extremos hacen que en los casos prácticos no sean necesarias demandas de linealidad en el procesamiento de la señal, ya que nunca ocurren colores 100% saturados en las señales reales de cámara. Por tanto, la señal estándar de barras de color se ha reducido a lo que se conoce como *barras de color de 75%*. Este porcentaje no significa 75% de saturación, sino simplemente que las amplitudes de las señales R, G y B tienen en el

codificador 75 unidades IRE, en lugar de 100. Las barras de color resultantes están totalmente saturadas. Para una barra roja de 75%, por ejemplo, no hay todavía verde ni azul que existan con algo de blanco o luminancia.

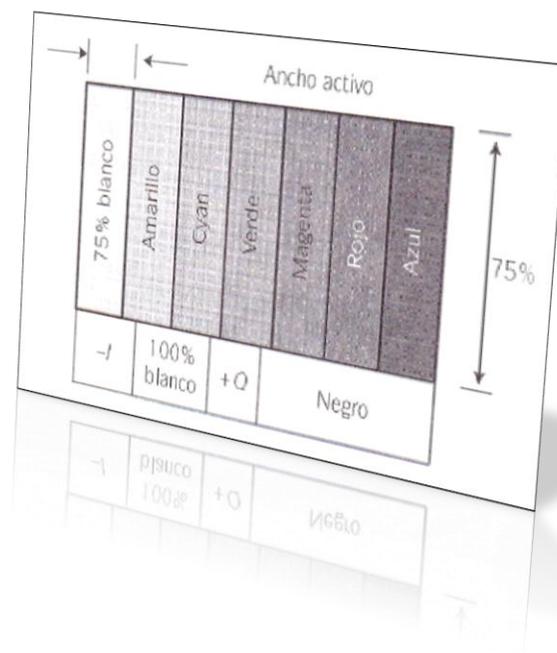


Figura 5-9 Las áreas sombreadas indican las barras de color de 75 %.

Valores de la señal Y para las barras de color.

La figura 5-10 muestra la forma de onda que se puede ver a través de un osciloscopio para la señal de video de las barras de color estándar EIA en la tasa de línea H. La escala de amplitudes de la izquierda está en unidades IRE. Las áreas sombreadas en la forma de onda indican el color. Se puede observar como la ráfaga de sincronización de color tiene una amplitud de ± 20 unidades IRE.

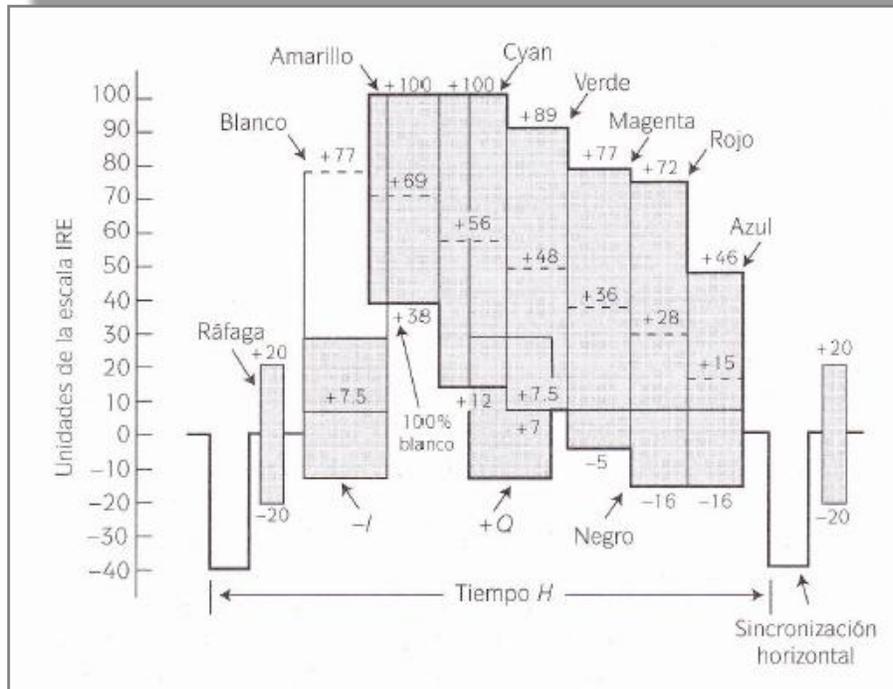


Figura 5-10 Forma de onda de las barras estándar de 75% de color (EIA).

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 se calcula como sigue:

Primero se restan de 100 las 7.5 unidades IRE de ajuste y se tienen 92.5 unidades de variación de la señal. Luego al tomar 75% de 92.5 unidades resulta $0.75 \times 92.5 = 69.375$ unidades. Por último, se suman de nuevo las 7.5 unidades de ajuste y se tienen $69.375 + 7.5 = 76.875$, que redondeadas son 77 unidades.

En otro ejemplo se puede calcular el valor de luminancia Y de la barra roja. Se toma 30% de 69.375 unidades para la barra blanca, que es igual a 20.813 unidades. Luego se suman las 7.5 unidades para el ajuste, que da $20.813 + 7.5 = 28.313$. Este valor se redondea a 28 unidades IRE para el nivel de Y de 75% de la barra roja. Se puede seguir el mismo procedimiento para calcular los valores de Y de todas las barras de color.

Valores de la señal C para las barras de color.

Los valores pico de croma de la señal portadora modulada de 3.58 MHz se indican en la figura 5-11, cuando se tienen en cuenta las 7.5 unidades IRE del ajuste. Así, los valores de la señal C para el color amarillo tienen ± 31 unidades alrededor del eje Y de 69. El pico está en $69 + 31 = 100$ unidades. El pico de 100 unidades IRE también lo alcanza la barra de color cyan. El hecho de que el pico sea de 100 unidades IRE para las barras de amarillo y cyan proporciona una verificación útil de las amplitudes relativas. Se puede observar que la barra de 100% de blanco abarca una parte de las barras de amarillo y cyan. Ahora hay que ver la forma de onda del osciloscopio en la figura 5-11. Muestra que los picos de croma de amarillo y cyan, a la izquierda, llegan justo al nivel de 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 reducen la amplitud relativa de la señal de croma de 3.58 MHz.

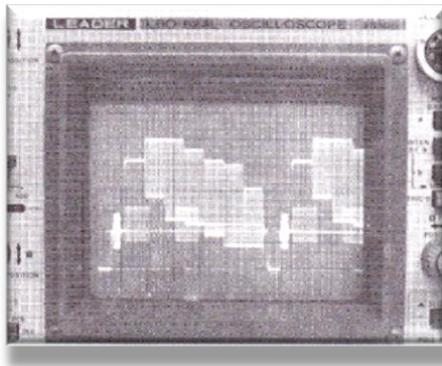


Figura 5-11 El nivel correcto de croma ocurre cuando los picos positivos de la portadora de las barras de amarillo y cyan alcanzan el nivel de 100% de color blanco.

Diagrama vectorial de los colores.

La figura 5-12 muestra los vectores para los valores de croma de 75% de las barras de color, representados en coordenadas polares para indicar la amplitud y la fase. Aquí la amplitud es el valor pico a pico de la señal de croma. Las amplitudes están medidas radialmente desde el centro de los círculos e indican de 20 a 100 unidades IRE. Los ángulos

se miden en sentido contrario a las manecillas del reloj desde el eje horizontal de B – Y en 0°. El eje R – Y es perpendicular a 90°. La ráfaga está en 180°, opuesto a B – Y.

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

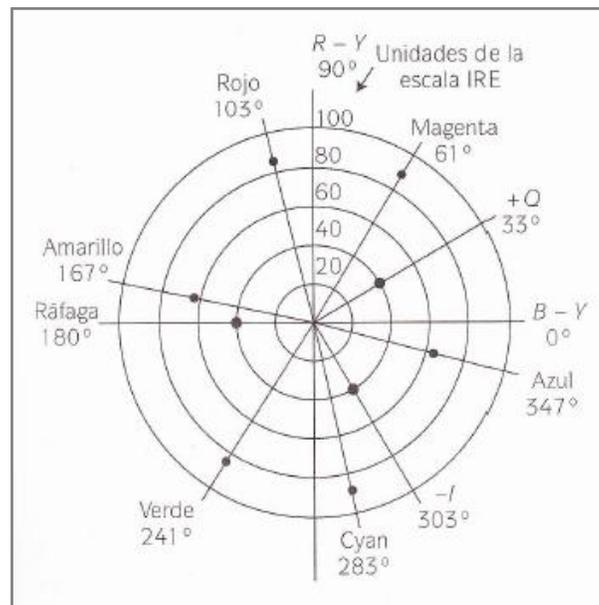


Figura 5-12 Diagrama vectorial con las amplitudes relativas y los ángulos de fase de todos los colores en la señal de las barras de color de 75%).

El osciloscopio llamado vectorescopio.

El osciloscopio llamado vectorescopio puede desplegar en su pantalla las mismas indicaciones que el diagrama vectorial de la figura 5-12. El vectorescopio utiliza deflexiones horizontal X y vertical Y, sin tener un barrido horizontal interno. Para la

deflexión X se aplica la resta de las señales $B - Y$, para la deflexión Y a la resta de las señales $R - Y$, y para suministrar dichas restas se utiliza un decodificador de croma de precisión. La figura 5-13 muestra la pantalla que despliega el vectorescopio. Los puntos de brillo indican las puntas de los vectores. Son brillantes porque el flujo permanece en un punto mientras dura cada barra en el patrón de barras de color. Las líneas curvas que conectan los puntos muestran los cambios rápidos de fase y amplitud en las intersecciones entre las barras. La pantalla del vectorescopio está calibrada en unidades IRE y ángulos de fase. Los cuadros pequeños indican una tolerancia de ± 2.5 unidades IRE y de $\pm 2.5^\circ$ en el ángulo de fase. Los bordes más grandes que rodean a cada cuadro indican una tolerancia de ± 20 unidades IRE y de $\pm 10^\circ$ de fase. También están indicadas las marcas para la ráfaga y las señales I y Q. Se puede ajustar un vectorescopio para fijar la unión del decodificador con la señal de ráfaga de una fuente mientras se muestran las barras de otra fuente. Esta técnica permite que diferentes fuentes de color se acoplen en fase.

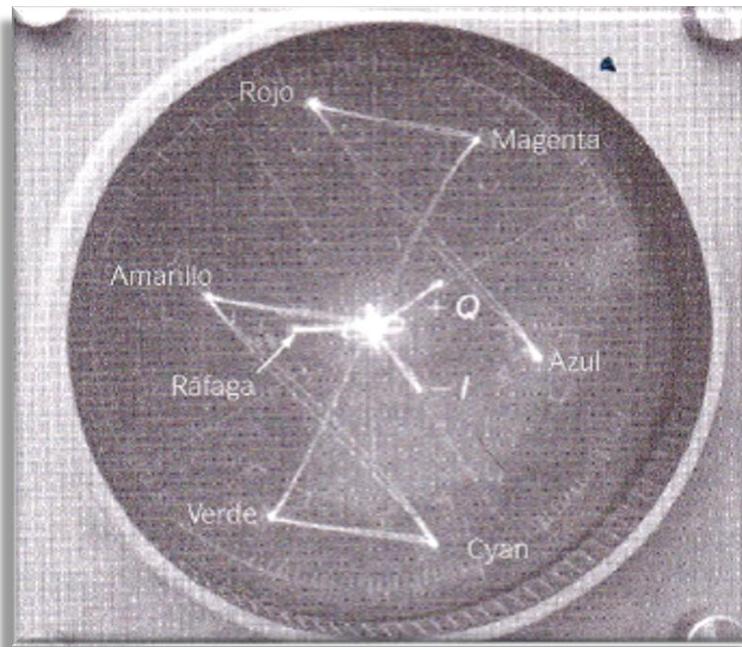


Figura 5-13 Despliegue de la pantalla del vectorescopio.

5.7 Prueba de condiciones transitorias

Para la realización de la prueba de condiciones transitorias se emplea una señal llamada de ventana, la cual es una señal de prueba generada electrónicamente y se muestra en la figura 5-14. Consiste en un rectángulo blanco a 100% que ocupa la mitad del ancho de la imagen y la mitad de la altura sobre un fondo negro. La ventana proporciona el nivel máximo de blanco a 100% que facilita los ajustes del nivel de la señal. Además, la señal de ventana tiene un tiempo de subida cuidadosamente controlado para los bordes verticales, con armónicas que permanecen dentro de la señal de video de 4.2 MHz. Por esta razón, la señal de ventana es útil en las pruebas de condiciones transitorias como sobre disparo, oscilación, rayas en la imagen y borrosidad o imagen embarrada.

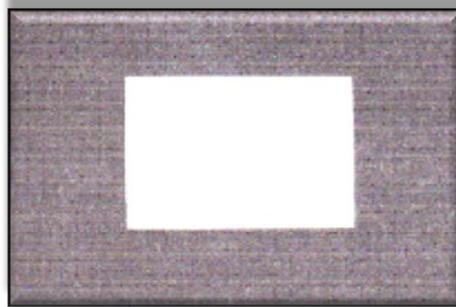


Figura 5-14 Aspecto de la señal de ventana en el cinescopio.

La figura 5-15 ilustra el efecto de rayas en la imagen y borrosidad horizontal en la señal de ventana. La señal de video muestra a una distorsión en la frecuencia que está representada por una inclinación de su onda en la figura 5-15a y con la imagen de la figura 5-15b se muestra a las rayas que se forman en la imagen por la prueba de condición transitoria. La señal se integra como voltaje capacitivo en un circuito RC. Esta forma de distorsión transitoria en una onda cuadrada se llama *caída o inclinación* en la parte plana de la forma de onda. Se mide como porcentaje de inclinación. Por ejemplo, cuando el flanco anterior está en 100 unidades IRE pero la parte superior de la onda cuadrada disminuye hasta 80 líneas y la inclinación es 20 unidades por cada 20 o 100%. La cantidad de inclinación en los enlaces de la transmisión del programa de televisión suelen mantenerse dentro de 1 o 2%.

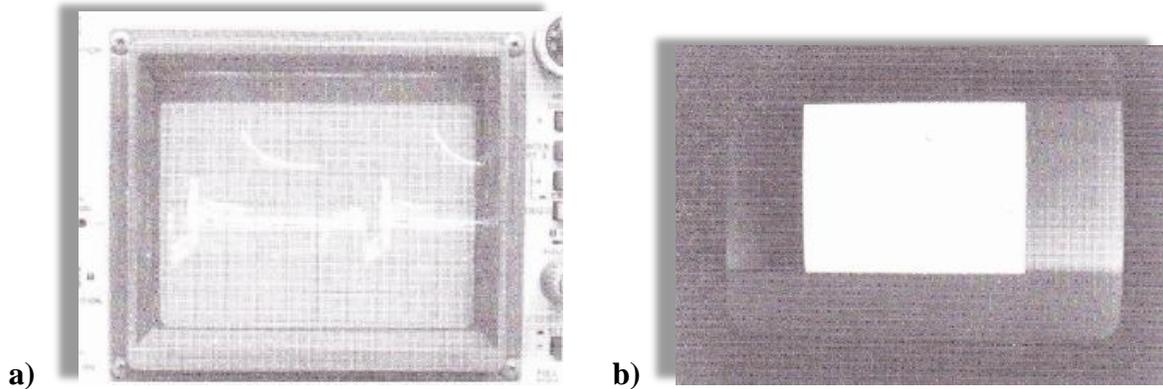


Figura 5-15 Distorsión de fase y rayas en la imagen resultante en la señal de ventana. a) Inclinación de la forma de onda de la señal de video. b) Rayas en la imagen.

En la figura 5-15a también se observa como la forma de onda es más brillante en el flanco de la izquierda y un poco más oscura en el flanco de la derecha; además, el color negro que se presenta después de la ventana es más oscuro debido a la distorsión de la forma de onda y este es el efecto que causa las rayas en la imagen. También en la figura 5-15b aparece la pantalla del cinescopio utilizando la señal de video de la figura 5-16a. El brillo se aumentó para mostrar los efectos en las regiones negras. Se ve el ancho de las rayas en la imagen que fluye a la derecha de la ventana. Este efecto continúa en las líneas siguientes y en consecuencia, las rayas en la imagen también continúan apareciendo como una raya desde la orilla izquierda de la imagen.

5.8 Prueba de respuesta en alta frecuencia

Para verificar la respuesta en alta frecuencia se emplea la señal eléctrica llamada pulso del seno cuadrado. En la figura 5-16a se ilustra la forma de onda senoidal básica de una señal eléctrica y cuando se elevan al cuadrado los valores senoidales pico, resulta la forma de onda de la figura 5-16b. Se puede observar que el semiciclo negativo de la figura 5-16a, se convierte en positivo en la figura 5-16b, ya que al elevar al cuadrado a un valor negativo da como resultado a un valor positivo y la forma de onda tiene una cima más ancha y menos pendiente en las faldas de subida y bajada.

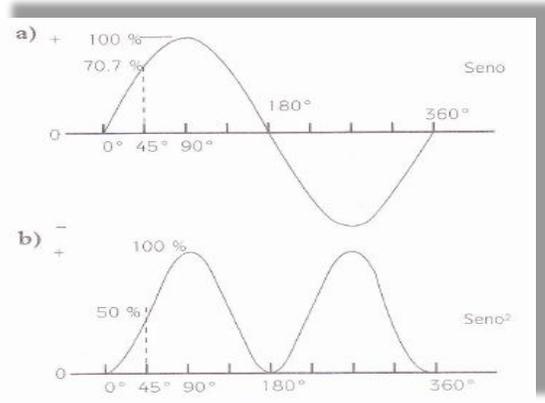


Figura 5-16 a) Onda senoide normal. b) Forma de onda senoide al elevar al cuadrado su valor pico negativo.

En la figura 5-17 se muestra la forma de onda de la señal de prueba llamada pulso de seno cuadrado y como a menudo esta señal acompaña a la señal de ventana; entonces aparece como una sola línea vertical blanca de la misma altura que la ventana y por lo común, a la izquierda. Su pico positivo está en el nivel de blanco de 100 unidades IRE, con el nivel de borrado a cero y el 50 % de nivel tiene una duración de 0.125 micro segundos.

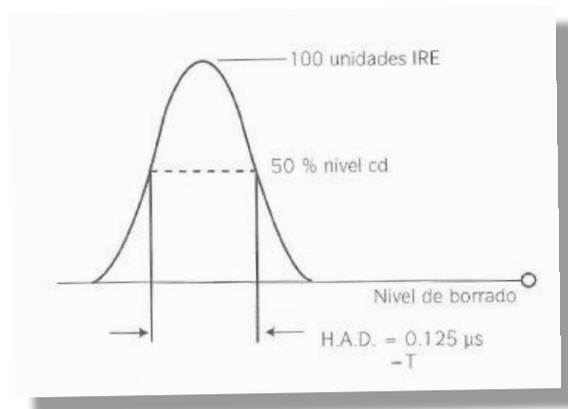


Figura 5-17 Pulso de seno cuadrado de 0.125μs para un elemento de imagen.

En los sistemas electrónicos se puede utilizar el pulso de seno cuadrado para verificar la respuesta en alta frecuencia en términos de su tiempo de subida, sobre disparo, oscilación transitoria y retardo de fase. Dichos pulsos cuadrados pueden ser producidos por un generador convencional, pero presentarán oscilaciones transitorias y otros efectos exteriores en la banda de frecuencia de la señal de video. Para relacionar estos efectos con la distorsión real de la imagen, es necesario un pulso cuyo espectro de frecuencia esté dentro de la banda de video normal de 4.2 MHz, lo que interesa en el sistema de televisión es lo que ocurre en las componentes de frecuencia de señal dentro, y no fuera de la banda.

La señal de pulso es muy útil debido a que su banda de frecuencia contiene valores de la frecuencia fundamental y todas las armónicas de la señal de video, además, se emplea un solo factor llamado *duración de media amplitud* HAD (*Half Amplitude Duration*) el cual es el tiempo transcurrido entre los dos puntos en que el pulso tiene el 50 % de su nivel de amplitud máxima, que corresponde a $0.125 \mu\text{s}$ porque es el tiempo de un solo elemento de imagen. Corresponde a una señal de video de 4 MHz para 426 elementos de imagen en el tiempo de barrido horizontal no borrado de $53.3 \mu\text{s}$. Un pulso cuadrado tiene una respuesta de frecuencia inferior a 50% en 4 MHz, que prácticamente carece de energía más allá de 8 MHz y se usa para evaluar a un elemento de imagen en los sistemas de video de banda ancha. Para dos elementos de imagen el tiempo del HAD es de $250 \mu\text{s}$, su contenido armónico disminuye a la mitad en 2 MHz y es casi nulo después de 4 MHz; este pulso es ideal para evaluar los sistemas de video de 4 MHz porque se asemeja al contenido de una señal de cámara normal.

Uso del pulso cuadrado.

Un amplificador de amplitud, frecuencia o fase que opera dentro de la banda de 4 MHz deja pasar intacto el pulso de dos elementos de imagen y aparece como el indicado por la línea punteada en la figura 5-18a. Su amplitud máxima tendrá 100 unidades IRE, o será igual a la parte plana de la señal de ventana blanca. Recordar que los pulsos de seno cuadrado se utilizan junto con la señal de ventana, como una línea vertical blanca a la izquierda de la ventana. La distorsión de frecuencia originada por valores relativos incorrectos de las armónicas de alto orden son la causa de la distorsión indicada por el pulso de la línea continua en la figura 5-18a. El pulso es menos ancho, pero todavía es simétrico. Es más estrecho por un cambio en las amplitudes relativas para ciertas frecuencias armónicas.

Cuando hay distorsión de fase, ocasiona inclinación o falta de simetría, como muestran las figuras 5-18b y c. Los pequeños lóbulos que preceden y siguen al pulso se llaman *sobre disparo* cuando son positivos y *bajo disparo* cuando son negativos; pero los dos producen contornos múltiples en la imagen. Para la evaluación cuantitativa del pulso cuadrado, se utiliza una retícula especial en el cinescopio esta retícula llamada *factor K*, marca los límites aceptables del pulso y sus lóbulos menores. Los límites fueron creados por observadores expertos que asignaron los valores para la degradación de la imagen causada por señales de eco generadas de manera artificial. Los contornos múltiples se ven como fantasmas en la imagen, pero sólo en los bordes verticales.

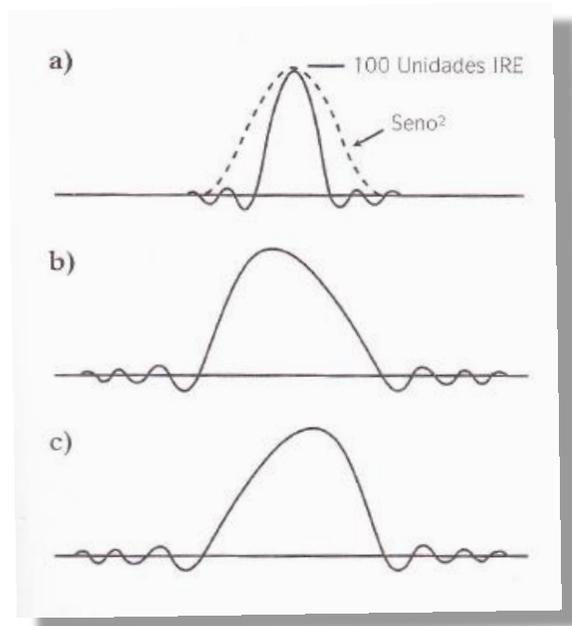


Figura 5-18 Uso del pulso de seno cuadrado para verificar distorsiones de fase y de la frecuencia. a) Ancho de pulso menor, pero con la misma simetría indica distorsión de frecuencia pero no de fase. b) La inclinación hacia la izquierda muestra a un retardo de fase. c) La inclinación hacia la derecha muestra a un adelanto de la fase.

En la retícula K de la figura 5-19 la línea continua representa un factor K de 4%; la línea de guiones es 2%. Cuando el pulso reproducido está dentro de los límites de las líneas

punteadas, el factor K es 2%. Este valor significa que casi no hay degradación visible de la imagen.

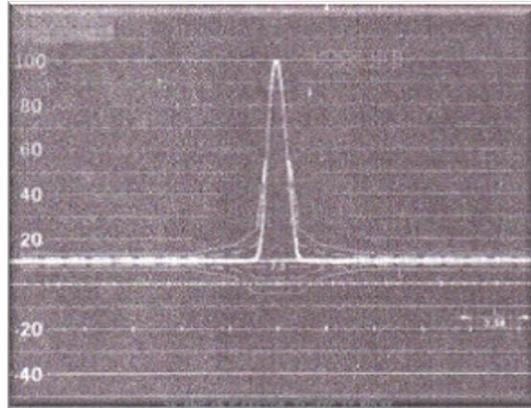


Figura 5-19 La retícula de factor K indica límites aceptables de distorsión en el pulso cuadrado.

Los pulsos de seno cuadrado con periodo de T y $2T$ se crearon para probar cinescopios monocromáticos. Debido a que en las señales de color, la distorsión de las bandas laterales de la portadora de 3.58 MHz tiene mucha importancia, se generan pulsos de seno cuadrado modulados con una portadora de 3.58 MHz, es decir más anchos, por ejemplo de $12.5T$ y $20T$ para probar a los cinescopios de color. Para el pulso $12.5T$ con HAD igual a $1.56 \mu s$, este tiempo corresponde a la frecuencia de video aproximada de 640 KHz y esta frecuencia relativamente baja está justo arriba del intervalo de las señales de video de color.

Aún más, la modulación de 3.58 MHz hace posible probar los cambios en las amplitudes relativas de luminancia y crominancia; así como los cambios de fase relativos en la señal de croma. Los efectos de croma alta y croma baja están indicados en las figuras 5-20b y c. Se observan las amplitudes más bajas en la figura 5-20c y los efectos respectivos del adelanto y el retraso de la fase de croma se muestran en las figuras 5-20d y e. Estos dos ejemplos muestran inclinación en las formas de onda.

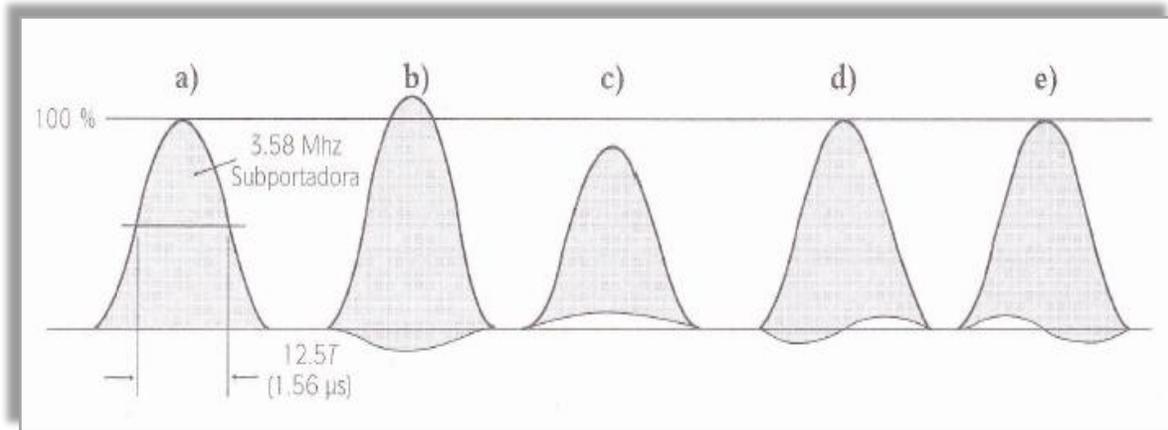


Figura 5-20 Uso del pulso de seno cuadrado 12.5T modulado para evaluar la amplitud relativa y la fase de croma. a) Pulso de seno cuadrado 12.5T modulado. b) Croma alta. c) Croma baja. d) Adelanto de θ de croma. e) Retraso θ de coma.

5.9 Prueba para la distorsión de amplitud

Así como la señal de prueba seno cuadrado se genera para evaluar las distorsiones de respuesta en alta frecuencia y de fase; para evaluar la distorsión de amplitud o no linealidad de la imagen en un cinescopio, se genera a una señal eléctrica llamada escalera.

La señal escalera también se genera de modo electrónico y consiste de una serie de escalones verticales en la imagen que comienza en el nivel de borrado o en el nivel de ajuste y cuyo brillo aumenta en incrementos iguales de izquierda a derecha. Puede haber de uno a 10 escalones. La figura 5-21a muestra dos señales de escalera estándar que contienen a seis escalones con cinco subidas, con igual altura, con un ajuste de 7.5 unidades IRE y la amplitud máxima del blanco es de 100 unidades. Cada escalón sube $92.5/5 = 18.5$ unidades IRE y como la amplificación es lineal todos los escalones son iguales.

Cuando aparece una compresión en los escalones de arriba indica menos ganancia para las amplitudes de blanco. Esta distorsión de amplitud no lineal puede deberse a una alimentación incorrecta en el amplificador, además si existe una desviación de la frecuencia en el enlace se puede manifestar como un acortamiento del escalón superior.

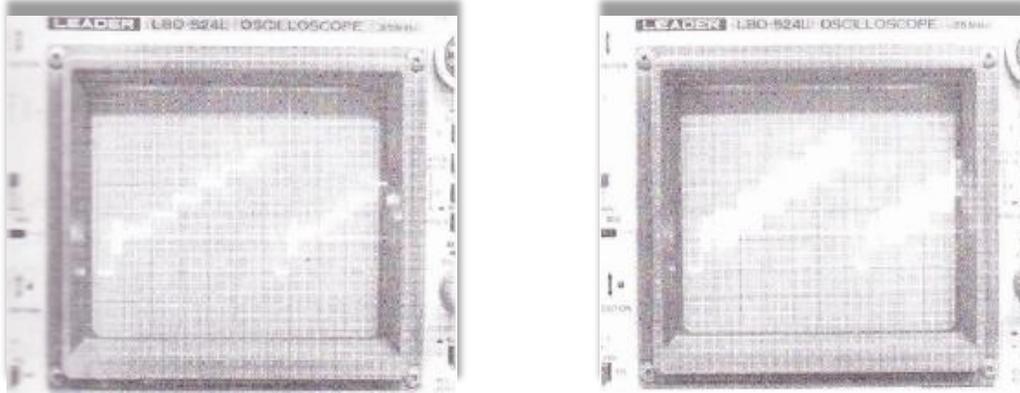


Figura 5-21 a) Señales de escalera. b) Señales de escalera distorsionada.

Escalera diferenciada.

Los monitores de forma de onda que existen en un estudio, están equipados con un filtro paso alta especial que puede ser conmutado para diferenciar la señal escalonada y la diferencia resalta un cambio de nivel en los escalones; el resultado en la forma de onda de la escalera es la aparición de cinco picos en la orilla anterior de cada escalón. Cuando la ganancia del amplificador es uniforme, todos los picos tienen la misma amplitud y los escalones están alineados en un nivel de voltaje del mismo valor para que sus picos puedan ser comparados en la pantalla de un osciloscopio.

Escalera modulada.

Esta señal agrega una muestra de la señal portadora de color de 3.58 MHz en una fase fija de color, por lo común es la de la combinación B-Y o en una fase de la ráfaga de imagen, con una amplitud fija de 40 unidades IRE. La escalera modulada sirve para mostrar los efectos de la no linealidad de amplitud para una señal de color. Por ejemplo, los blancos comprimidos actúan comparando la señal de croma en sus niveles más altos de luminancia y por lo tanto, el color amarillo y el cian cuando están completamente saturados parecen perder saturación de color.

Para ver los efectos de la no linealidad en la escalera modulada, un interruptor selector en el cinescopio conecta a un filtro de pasa banda de 3.58 MHz en serie con la entrada del

osciloscopio. El filtro elimina toda la información de la señal de luminancia y sólo queda la señal de croma. Cuando la amplificación es lineal, las amplitudes de la señal portadora de 3.58 MHz siguen iguales a 40 unidades IRE y todas aparecen con la misma amplitud en la pantalla del osciloscopio.

Ganancia diferencial.

La ganancia diferencial es un factor usado para especificar la cantidad de no linealidad como un porcentaje y se puede determinar con ayuda de la siguiente ecuación:

$$D_g = (1 - x/y) 100 \quad \text{en unidades de \%}$$

Donde la x es la amplitud más pequeña de los escalones, la y es la amplitud mas grande de los escalones y la cantidad de 100 es una constante para obtener unidades de %. Por ejemplo, cuando el escalón superior tiene 40 unidades IRE y el escalón inferior tiene 35 unidades IRE, la ganancia diferencial es

$$\begin{aligned} D_g &= (1 - 35/40)100 \\ &= (1 - 0.875)100 \\ &= (0.125)(100) = 12.5\% \end{aligned}$$

Fase diferencial.

La cantidad de defasamiento en un amplificador puede variar con un cambio en el punto de operación de la corriente directa. Por ejemplo, en un amplificador con un transistor bipolar, la capacitancia en la unión del emisor y de la base tiende a aumentar cuando se eleva la alimentación directa; el resultado de un cambio en el punto de operación es que puede variar la respuesta del ángulo de fase.

En la televisión de color, la distorsión de fase resultante puede ocasionar un cambio en el matiz entre las partes oscura y brillante de la imagen. La señal escalonada modulada, con su fase constante de las ráfagas de portadora en todos los escalones, se utiliza para evaluar la fase diferencia, expresada en grados. Con un vectorescopio, la señal puede indicar la dispersión del ángulo de fase en cada escalón. Por supuesto, cuando menor sea la variación del ángulo de fase, mejor es la respuesta. En un equipo bien diseñado, la especificación es menor que 4° para la distorsión de fase diferencial.

5.10 Señales de prueba en forma de escalera

Las señales de prueba seno cuadrado están diseñadas para evaluar las distorsiones de frecuencia y de fase. Para evaluar la distorsión de amplitud o no linealidad en el sistema se usa una señal escalonada. La escalera de voltaje se genera de modo electrónico. Consiste en una serie de barras verticales en la imagen que comienza en el nivel de borrado o en el nivel de ajuste y cuyo brillo aumenta en incrementos iguales de izquierda a derecha. Puede haber de unos cuantos a 10 escalones. La figura 5-21a muestra una forma escalonada estándar que contiene seis escalones con iguales alturas entre el ajuste en 7.5 unidades IRE y el blanco máximo en 100 unidades. Hay seis escalones y cinco subidas. Cada escalón sube $92.5/5 = 18.5$ unidades IRE.

Cuando la amplificación es lineal, todos los escalones son iguales. Una compresión en los escalones de arriba indica menos ganancia para las amplitudes de blanco. Esta distorsión de amplitud no lineal puede deberse a polarización incorrecta en un amplificador. Además, una desviación insuficiente de frecuencia en un enlace de microondas FM se puede manifestar como acortamiento del escalón superior. Estos transmisores utilizan FM para la señal portadora de imagen, que se convierte en la señal de imagen AM estándar para la difusión de TV.

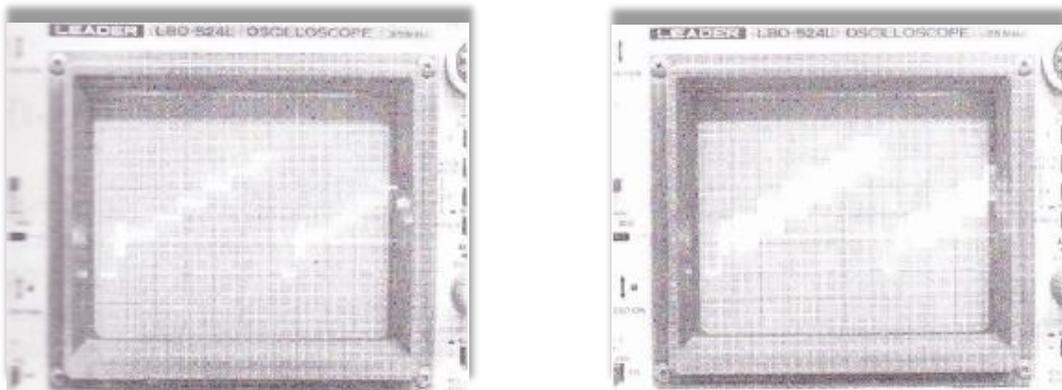


Figura 5-21 a) Señal escalonada. b) Señal escalonada modulada.

Las señales en los enlaces de subida y bajada de los satélites también utilizan FM para la señal portadora de imagen. Después de la recepción y procesamiento de la señal en la estación de transmisión VHF y UHF, la señal de video modula el transmisor con bandas laterales residuales AM para cumplir con los estándares de NTSC y FCC para las estaciones de difusión de televisión.

Escalón diferenciado.

Los monitores de forma de onda en el estudio están equipados con un filtro pasoaltas especia que puede ser conmutado para diferenciar la señal escalonada. La diferencia resalta un cambio de nivel. El resultado en la forma de onda es la aparición de cinco picos en la orilla anterior de cada escalón. Cuando la ganancia del amplificador es uniforme, todos los picos tienen la misma amplitud. En efecto, los escalones están alineados en un nivel de voltaje para que sus picos faciliten la comparación en la pantalla del osciloscopio.

Escalera modulada.

Esta señal agrega una muestra de la señal subportadora de color de 3.58 MHz en una fase fija, por lo común-(B-Y) o fase de ráfaga, con una amplitud fija de 40 unidades IRE p-p (figura 5-21b). La escalera modulada sirve para mostrar los efectos de la no linealidad de amplitud para una señal de color. Por ejemplo, los blancos comprimidos actúan compactando la señal de croma en sus niveles más altos de luminancia (Y). Por lo tanto, el amarillo y el cyan completamente saturados parecen perder saturación de color. Para ver los efectos de la no linealidad en la escalera modulada, un interruptor selector en el monitor de la forma de onda conecta el filtro de pasabanda de 3.58 MHz en serie con la entrada del osciloscopio. El filtro elimina toda la información de la señal Y y sólo queda la señal de croma. Cuando la amplificación es lineal, las amplitudes p-p de la señal subportadora de 3.58 MHz siguen iguales a 40 unidades IRE y todas aparecen con la misma amplitud en la forma de onda del osciloscopio.

Ganancia diferencial.

La ganancia diferencial es un factor usado para especificar la cantidad de no linealidad como porcentaje y es un factor usado para especificar la cantidad de no linealidad como porcentaje y es

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

Donde x es la amplitud más pequeña de los escalones modulados y y es la amplitud de los escalones uniformes. Las amplitudes son valores p-p de la ráfaga de 3.58 MHz en cada escalón de la forma de onda modulada. Por ejemplo, cuando todas las ráfagas menos la del escalón superior tienen 40 unidades IRE y la ráfaga del escalón superior tiene 35 unidades IRE, la ganancia diferencial es

$$\begin{aligned}D_g &= (1 - 35/40)100 \\ &= (1 - 0.875)100 \\ &= (0.125)(100) = 12.5\%\end{aligned}$$

Fase diferencial.

Aunque este no es un hecho obvio, la cantidad de defasamiento en un amplificador puede variar con un cambio en el punto de operación de cd. Por ejemplo, la capacitancia en la unión del emisor tiende a aumentar cuando se eleva la polarización directa en un amplificador de transistor. El resultado de un cambio en el punto de operación es que puede variar la respuesta del ángulo de fase.

En la televisión de color, la distorsión de fase resultante puede ocasionar un cambio en el matiz entre las partes oscura y brillante de la imagen. La señal escalonada modulada, con su fase constante de las ráfagas de subportadora en todos los escalones, se utiliza para evaluar la fase diferencia, expresada en grados. Con un vectorescopio, la señal puede indicar la dispersión del ángulo de fase en cada escalón. Por supuesto, cuando menor sea la variación del ángulo de fase, mejor es la respuesta. En un equipo bien diseñado, la especificación es menor que 4° para la distorsión de fase diferencial.

5.11 Señales de prueba en el intervalo de borrado vertical

El video compuesto tiene tres partes básicas: señal de video o imagen (más la información de color o croma); borrado, y señales de sincronización (vertical y horizontal). Las señales de borrado y sincronización se generan en la fuente de transmisión o en una cámara de video. Estas señales se envían, con la señal de imagen, como un video compuesto. La ráfaga de color de 3.58 MHz se transmite en el umbral posterior de cada

pulso de borrado horizontal. La frecuencia alta del barrido horizontal da como resultado un tiempo de retorno muy corto (aproximadamente de 10 μ s). Comparado con el retorno horizontal, el intervalo de borrado vertical tiene más duración, debido a la frecuencia baja del pulso de borrado vertical y la señal de sincronización. El pulso de borrado “largo” (aproximado de 1333 μ s) es más bien un tren de pulsos complejo. Estos pulsos mantienen la sincronización vertical, y también controlan los circuitos de barrido horizontal para dar un entrelazado correcto entre los campos pares e impares del estándar del sistema de televisión NTSC.

Además de los pulsos necesarios, existe un tiempo de borrado vertical sin usar, para que la emisora transmita las señales de texto de audio (*closed caption*); teletexto, video texto, señales de referencia de intervalo vertical (VIRS, *vertical internal reference signal*); y señales de prueba de intervalo cal (VIST, *vertical internal test signals*). Estas señales se han utilizado por muchos años, y luego fueron aun de uso más amplio. La tendencia continuará, tanto con la unión de computadoras, como con la creciente popularidad de internet.

Señal de borrado Vertical.

El tiempo de borrado vertical incluye 21 líneas horizontales completas en cada campo. Las primeras nueve líneas se utilizan para la sincronización vertical. Una ilustración de los pulsos en un intervalo de borrado vertical se muestra en la figura 5-22. Las primeras nueve líneas en el tiempo horizontal se utilizan de la forma siguiente:

- 3 líneas H para los pulsos de igualación de entrada
- 3 líneas H para los pulsos de sincronización vertical
- 3 líneas H para los pulsos de igualación de salida

Se necesitan los 9 pulsos para la información de sincronización vertical. Sin embargo, las líneas horizontales que faltan ($21 - 9 = 12$) dentro del tiempo de borrado vertical (21 líneas) pueden usarse para las señales de prueba especiales. Estas señales pueden insertarse entre los pulsos de borrado H que quedan en el tiempo de borrado vertical. Las señales de

sincronización horizontal y de ráfaga de color dentro del tiempo de borrado horizontal no se modifican.

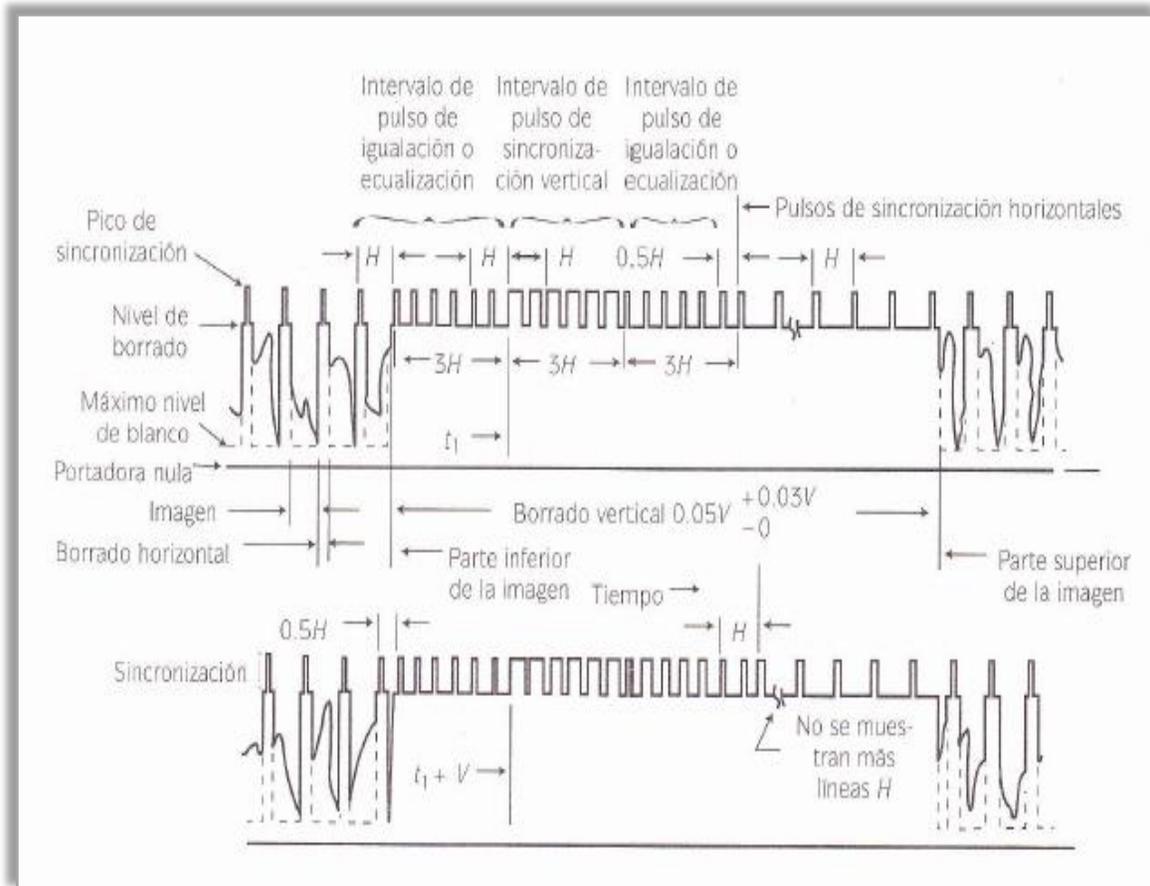


Figura 5-22 Detalles del intervalo de borrado vertical. a) Forma de onda del campo 1 y de todos los campos con líneas pares. b) Forma de onda del campo 2 y de todos los campos con líneas impares.

En la figura 5-22a, la forma de onda muestra las últimas cuatro líneas en la parte inferior de la imagen. El haz de barrido ahora necesita regresar a la parte superior del CRT; el pulso de borrado vertical empieza en este punto. Los pulsos de igualación y las partes dentadas en el pulso de sincronización vertical se repiten en intervalos de media línea. Así la tasa de repetición (2×15734 Hz; o 31468 Hz) es la frecuencia de los pulsos de igualación o

ecualización. Tres líneas horizontales ocurren durante los seis pulsos de igualación, antes del intervalo del pulso de sincronización vertical. Los seis pulsos de sincronización vertical dentados representan tres líneas horizontales más. Después del pulso de sincronización vertical siguen seis pulsos de igualación (otra vez, representan otras tres líneas horizontales). La suma es nueve líneas H durante el tiempo de los pulsos de igualación y de sincronización vertical.

Hay 12 pulsos más de sincronización horizontal después de estas nueve líneas de tiempo horizontal, durante los intervalos de los pulsos de igualación y el intervalo del pulso de sincronización vertical. Entonces, la cuenta de líneas reanuda con la línea 10; y la cuenta continúa: 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20 y 21, hasta el final del intervalo de borrado vertical. La figura 5-22 no muestra todas las 12 líneas horizontales. Cada una de estas 12 líneas H representa $63.5 \mu\text{s}$ del tiempo ($12 \times 63.5 \mu\text{s} = 762 \mu\text{s}$) antes de que empiece el siguiente campo. La figura 5-22a representa el campo 1 y también todos los campos con líneas pares. La figura 5-22b representa el campo 2 y todos los campos con líneas impares. En la figura 5-22a se observa la posición del primer pulso de igualación al inicio del borrado vertical.

El primer pulso de igualación está en una línea completa de distancia del pulso de sincronización horizontal anterior. En contraste, en la figura 5-22b, el primer pulso de igualación al principio del borrado vertical está a $0.5 H$, (media línea de distancia) del pulso de sincronización horizontal previo. La diferencia de tiempo de media línea entre los campos pares e impares continúa a través de las líneas de barrido del campo par e impar. Al comparar las figuras a y b, las dos señales son idénticas, con excepción de este desplazamiento de media línea en el tiempo. Esta diferencia se mantiene por el intervalo de los pulsos de igualación de $2H$. Estos periodos de $9 H$ son necesarios para la sincronización correcta del barrido entrelazado, *con un número par de líneas pares y un número impar de campos*. Los tiempos de $12 H$ de cada campo, que siguen a los últimos pulsos de igualación, representan un total de $1524 \mu\text{s} - (2 \times 762 \mu\text{s})$ para cada cuadro de imagen.

5.12 Señales de prueba en el intervalo vertical

La figura 5-23 muestra la señal de prueba del intervalo vertical (VITS, *vertical internal test signal*) recomendada por el Network Transmission Committee de la EIA. La señal utiliza la línea 17 y 18 en el borrado vertical de ambos campos de la TV. La línea 17 se emplea en esencia para una señal de *multirráfaga*, que contiene las frecuencias de video de

0.5 a 4.2 MHz. La línea 18 tiene una señal de prueba de seno cuadrado en los campos impares y una escalonada modulada en los campos pares.

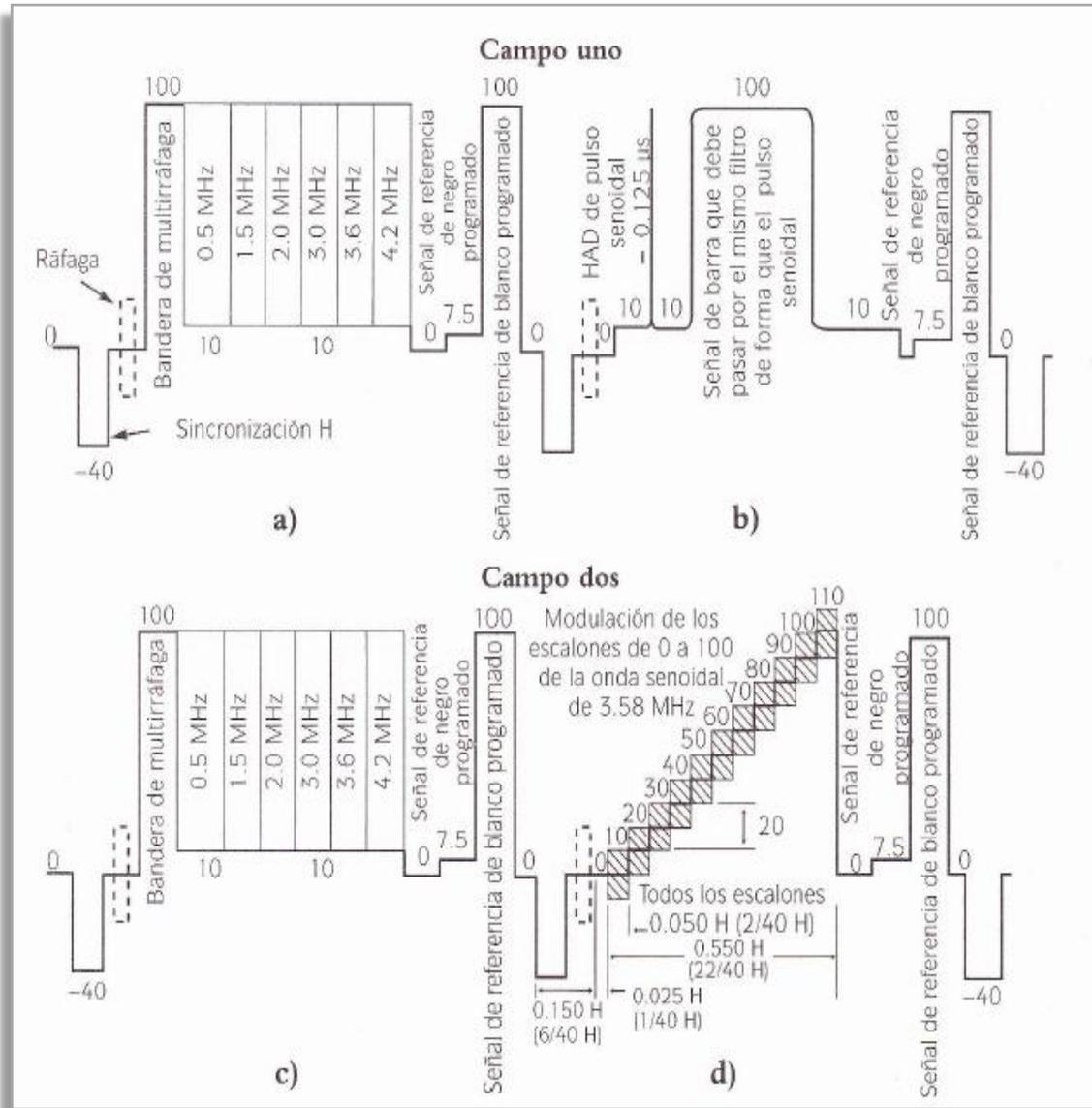


Figura 5-23 VITS recomendada por el Network Transmission Committee. a) Línea 17 en los campos impares (multiráfaga). b) Línea 18 en los campos impares (barra y pulso de seno cuadrado). c) Línea 17 en los campos pares (multiráfaga). d) Línea 18 en los campos pares (pulso escalonado modulado). (EIA)

Campos impares.

Para la línea 17 en los campos impares consultar la figura 5-23a. La señal de prueba empieza con un escalón blanco o bandera en 100 unidades IRE para una amplitud de referencia. Después hay una serie de ráfagas de la señal de onda portadora (cw, *carrier wave*) no modulada en diferentes frecuencias de video. Cada ráfaga va sobre un eje central que permite a la onda senoidal p-p variar entre el nivel de ajuste de negro y el máximo blanco. Las frecuencias de la ráfaga están a 0.5, 1.5, 2.0, 3.0, 3.6 y 4.2 MHz de izquierda a derecha. Sus amplitudes relativas cuando se revisan en la pantalla de TV o en el osciloscopio indican la respuesta de la frecuencia aproximada a través de la banda de paso del video. Lo que queda de la línea 17 contiene una barra blanca de referencia con 7.5% del negro de ajuste. Para la línea 18 de los campos impares consultar la figura 5-23b. Esta línea tiene un pulso de prueba de seno cuadrado seguido por una señal de "barra". La barra corresponde a una señal de ventana para una sola línea. El final de la línea 18 también tiene una barra de 100% para la calibración de la amplitud y referencia, como en la línea 17. Estas son líneas sucesivas en el campo impar. La señal en la figura 5-23a va seguida por la señal en la figura 5-23b.

Campos pares.

Ahora se considera la línea 17 en un campo par, como se ve en la figura 5-23c. También tiene la señal de prueba multirráfaga, como en la línea 17 en los campos impares. Sin embargo, la línea 18 en campos impares, mostrada en la figura 5-23d, contiene la señal escalonada modulada. Hay 10 escalones, cada uno con una amplitud p-p de 20 unidades IRE.

Observación de la VITS.

Algunos receptores antiguos de TV tienen un control vertical que puede ajustarse para que la imagen se enrolle lentamente hacia abajo. De esta forma, el resultado del patrón de VITS puede observarse en la barra de borrado vertical. Estas señales VITS se muestran en la figura 5-23, cerca de la parte inferior de la barra de borrado vertical. Algunas veces puede ser necesario aumentar el brillo para ver mejor. Esta observación puede no ser posible en la mayoría de los receptores y receptores/monitores nuevos, debido a que los diseños del nuevo circuito no incluyen un control vertical variable. En estos casos, se utiliza un osciloscopio para ver las señales de prueba de intervalo vertical.

Al revisar la VITS con un osciloscopio se requiere que éste pueda asegurarse al principio del campo. Luego la VITS puede verse si se usa una base de tiempo corta de $150 \mu\text{s}/\text{cm}$ o menos. Se necesita un barrido de aumento o de retraso para expandir las dos líneas H lo suficiente para una buena observación. Un monitor de forma de onda con calidad de difusión tiene un generador de base de tiempo calibrado que permite que las líneas 17 a la 21 se vean con sólo seleccionarlás en el tablero frontal.

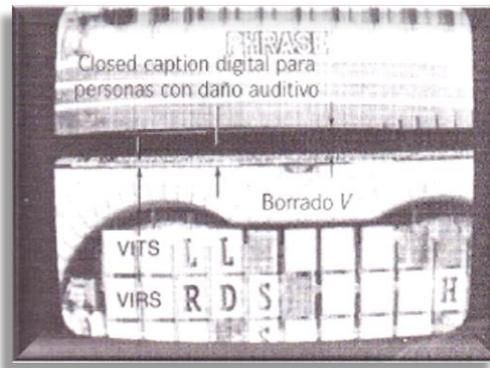


Figura 5-24 Apariencia de la VITS y VIRS en el intervalo de borrado vertical en la pantalla del CRT del receptor/monitor de TV.

5.13 Señales de referencia en el intervalo vertical

La señal de prueba de referencia de intervalo vertical se utiliza para evaluar el desempeño del sistema de transmisión, para croma y luminancia. Además, las señales de referencia de intervalo vertical (VIRS) pueden usarse en los circuitos de procesamiento de la señal. La señal se muestra en la figura 5-25. Se transmite en la línea 19 del intervalo de borrado vertical, en los campos pares e impares.

Algo que puede salir mal es la fase de ráfaga de color. En la salida de la cámara, la ráfaga de color es la clave para corregir la fase y el matiz de la línea de la señal que sigue a la ráfaga. Sin embargo, con muchas etapas en el procesamiento de señal en un enlace largo y complicado, la ráfaga de color se puede eliminar, reformatear y poner de regreso en la señal compuesta por el equipo conocido como *amplificador de procesamiento*. Después de varias de estas operaciones es, la fase final de la ráfaga puede estar mal, comparada con la

información de la línea de barrido activa. La VIRS da una muestra de la fase de ráfaga correcta. Como resultado, un circuito de control de fase automático puede comparar la señal con la ráfaga de referencia y restablecer la fase si se necesita. La amplitud de la ráfaga de referencia también es sensada para corregir la amplitud de la subportadora, si se necesita.

Los detalles de la VIRS se pueden consultar en la figura 5-25. Los valores de referencia incluyen lo siguiente:

1. Una barra de croma de 3.58 MHz. La amplitud p-p es de 40 unidades IRE en un eje de 70 unidades. Los intervalos de tiempo marcados en la parte inferior de la figura indican que el ancho de la barra de referencia de croma es $24 \mu\text{s}$.
2. Un nivel de referencia de luminancia de 50 unidades IRE. Este nivel es $12 \mu\text{s}$.
3. Nivel de referencia del ajuste negro de 7.5 unidades IRE, también de $12 \mu\text{s}$.

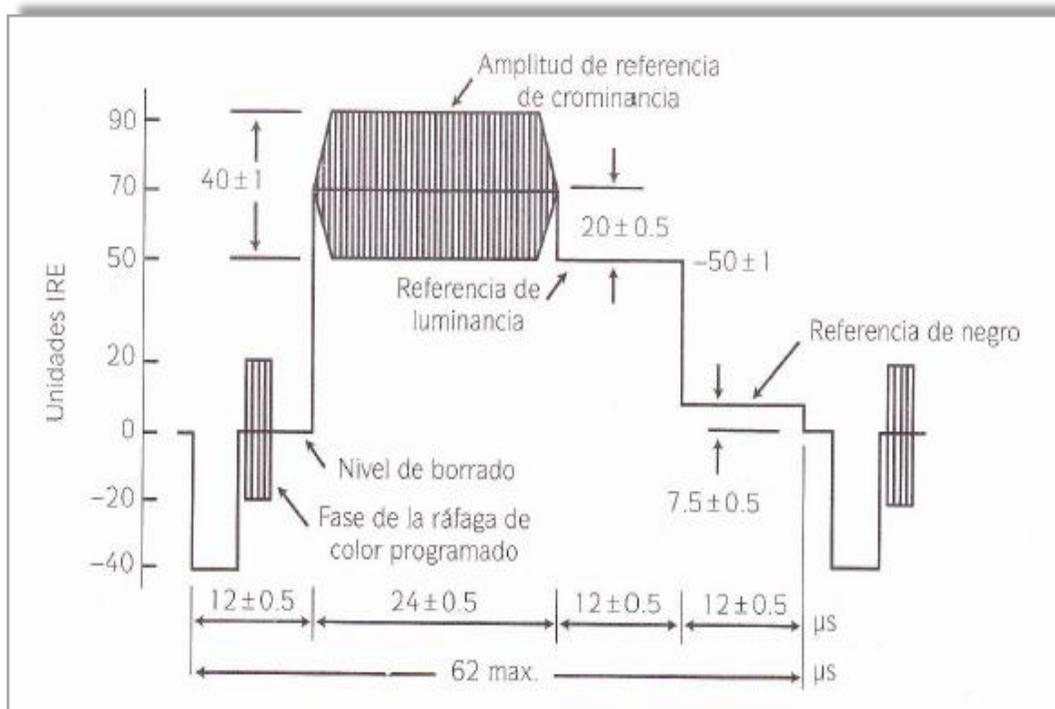


Figura 5-25 Detalles de la transmisión de la VIRS en la línea 19 durante el intervalo de borrado vertical en los campos pares e impares.

El intervalo completo para la VIRS es $62 \mu\text{s}$ (más $1.3 \mu\text{s}$ para el umbral anterior de sincronización H), en la línea 19 del borrado vertical. La VIRS no se utiliza para diagnosticar la distorsión. Más bien, su función es establecer los valores correctos de la amplitud y fase de croma, con los niveles de luminancia y ajuste de negro, cuando la señal deja el punto de origen. Como la VIRS es parte de la señal transmitida, está disponible en el receptor. Se han desarrollado circuitos para establecer la fase de color para el matiz o tinte y el nivel de croma de manera automática, utilizando la VIRS como la referencia. Sin embargo, también se dan los ajustes manuales para satisfacer las preferencias individuales de color. Se considera que estos receptores tienen el control automático de VIRS. No obstante, hay un problema con el control de VIRS en los receptores utilizados con videocasetas. Estas máquinas requieren dos líneas de señales de croma secuenciales para tener un funcionamiento correcto. Con la VIRS en una sola línea, el croma se reproduce a la mitad de la amplitud en la cinta. Un receptor que utiliza la VIRS automática detectará la amplitud más baja como un error de croma y aumentará la ganancia para producir una imagen de color sobresaturada.

Otro problema es que los pulsos del interruptor de la cabeza de video en la grabadora pueden interferir con los circuitos de procesamiento de la VIRS en el receptor cuando la cinta se reproduce. La señal VIRS se incluye en la alimentación de la red que se subirá al satélite y después en el enlace de bajada a las estaciones de transmisión locales afiliadas o a las compañías de cable para la distribución local. Todos los equipos receptores se enganchan a la VIRS, para producir una amplitud y fase de croma igual y correcta con color casi perfecto en cada punto de recepción.

5.14 Señales de comunicación en el intervalo de borrado vertical

De las 21 líneas en el borrado V, las primeras nueve se utilizan para la sincronización V y los pulsos de igualación, y las líneas 17, 18 y 19 son para la VITS y para la VIRS. Por lo tanto, las líneas 10, 11, 12, 13, 14, 15 y 16 están libres y se han vuelto muy útiles para los sistemas de comunicación especiales. Dichas líneas se pueden utilizar con las señales de video transmitidas en los canales VHF o UHF, desde los satélites de comunicación de la banda Ku o C, los sistemas de distribución de cable, o desde las fuentes videograbadas. La figura 5-26 muestra el diagrama de bloques básico de la fuente de video con señales de comunicación especiales agregadas a algunas líneas horizontales del tiempo de borrado vertical.

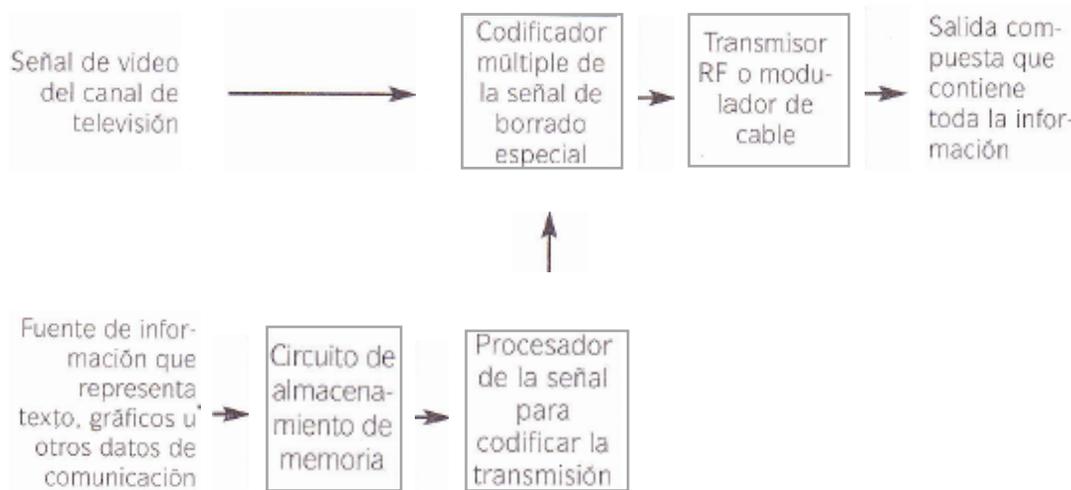


Figura 5-26 Diagrama de bloques de un sistema especial de decodificación de comunicaciones para información enviada durante el intervalo de borrado vertical

Debido a que estas señales se transmiten durante el tiempo de borrado del video, se requieren circuitos de decodificación especiales para asegurar el número de línea horizontal específica del intervalo de borrado vertical. El decodificador en el receptor debe de ser compatible con el decodificador de la fuente. Un diagrama de bloques de un decodificador de receptor básico se muestra en la figura 5-27. La señal de entrada en el receptor es una entrada normal, modulada, en RF (de una antena, de una parabólica, o de una fuente de cable CATV).

El receptor superheterodino funciona en la forma normal a través del sintonizador, FI, detector y primeros circuitos de video preamplificadores. El decodificador especial y los circuitos de procesamiento son conmutados por el microcontrolador del sistema. La salida de control del microcontrolador puede seleccionarse desde el control remoto o el tablero frontal del receptor. El interruptor de video y los circuitos de mezclado permiten el despliegue de las señales de comunicación especiales, junto con algunos de los programas de video normales.

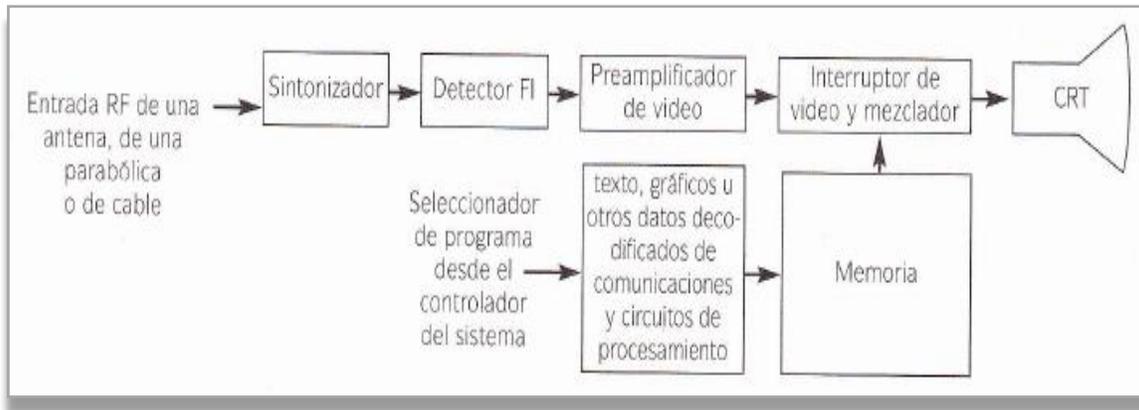


Figura 5-27 Diagrama de bloques de un receptor de televisión o receptor/monitor con circuitos especiales de decodificación para procesar señales codificadas en el intervalo de borrado vertical.

Código SMPTE.

Los programas fuente utilizan tres líneas por campo (como 12, 13 y 14) para almacenar la información en forma de código digital. El código fue establecido por la Society of Motion Pictures and Television Engineers (SMPTE). Este tiempo de código SMPTE se usa para identificar el material del programa, hora del día, número de cuadro y otra información de producción. El tiempo codificado de las cintas de video se usa en la edición por computadora para formar programas completos a partir de los “cortes” separados de producción. Las señales de código existen en las cintas de video originales pero deben eliminarse antes de la transmisión para cumplir con los requerimientos de la FCC.

Closed captions.

Otra adición a una señal de intervalo vertical es la codificación digital de señales que sobreponen texto de audio para las personas con daño auditivo en una imagen de TV. La FCC requiere la característica closed caption en todos los receptores de televisión y receptores/monitores (13 pulgadas y mayores) fabricados después del primero de junio de 1993. Se puede tener acceso a esta característica desde el menú con el control remoto. Los diferentes fabricantes ofrecen una variedad de opciones relacionadas con estos textos en la pantalla. Un decodificador especial en las compuertas del receptor saca las líneas que llevan

la información. Luego ésta se procesa para formar símbolos alfanuméricos que incluyen números y letras que se despliegan en la pantalla junto con la señal de imagen de video regular.

En el estándar NTSC la información de closed caption se sobrepone en la línea horizontal 21 del periodo de borrado vertical. Este formato es muy parecido al estándar del World System Teletext (WST). El WST tiene varios niveles de características avanzadas. Estas propiedades expandidas permiten leer varios idiomas, además de inglés. (No todos los decodificadores de closed caption tienen las características de alto nivel necesarias para leer los caracteres de idiomas diferentes al inglés).

La figura 5-28 muestra la forma de onda de la señal para la línea 21 del tiempo de borrado vertical. La señal del avance del reloj se utiliza para preparar el decodificador para la sincronización. Esta onda senoidal tiene sus valores pico iguales que los niveles lógicos de 1 y 0. Los bits de inicio son siempre 0, 0, 1. Este inicio está seguido por una palabra binaria de 8 bits, 7 bits de datos y un bit de paridad. Esta secuencia va seguida de inmediato por una palabra binaria de 8 bits para un carácter, otra vez con 7 bits de datos y 1 bit de paridad non.

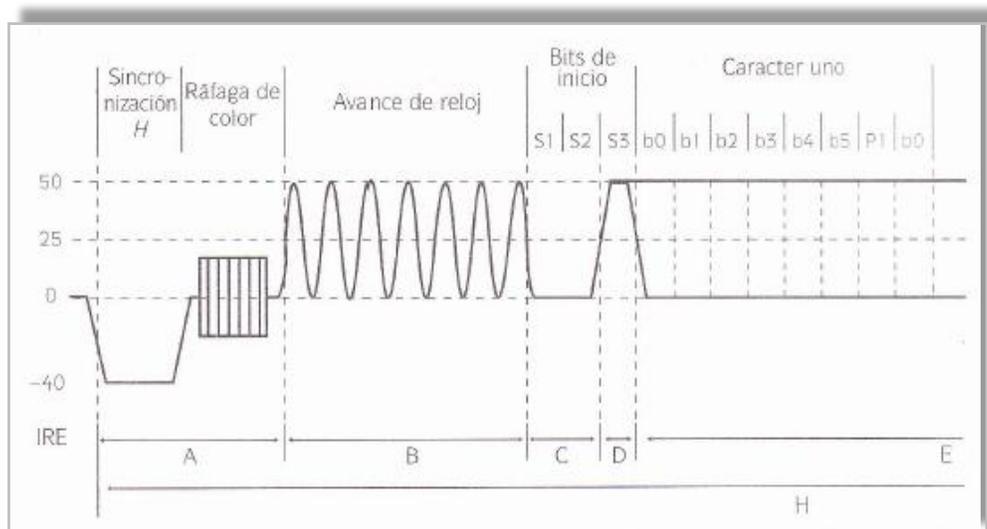


Figura 5-28 Forma de onda de la señal para la línea 21 del tiempo de borrado vertical:

1. *Todas las mediciones del intervalo se realizan desde los puntos medios (media amplitud) en todos los flancos.*
2. *Las desviaciones introducidas en cualquier parte de la señal debido a los transitorios conmutables generados en la fuente no deben ser mayores que ± 2 IRE. Sin embargo, los decodificadores deben aceptar desviaciones mayores que pueden introducirse al pasar la señal por un canal de transmisión y/o el sistema de seguridad de la señal.*
3. *Si este formato de la señal se utiliza en ambos campos, la diferencia en las amplitudes de los parámetros correspondientes de la señal entre los dos campos no debe ser mayor que 10 IRE medida en la entrada del decodificador.*

La tabla 5-1 muestra las especificaciones de la señal general requerida para la codificación y decodificación de la señal de closed caption. Todas las mediciones del intervalo de tiempo son de 50% de nivel de amplitud o los puntos medios de la señal.

La velocidad del reloj de la señal de datos es de 503.4965 KHz para closed caption; esta frecuencia relativamente baja hace posible grabar y reproducir closed caption en una VCR. Estas señales también son digitales, donde cada letra (o porciones de un gráfico o imagen) está representada como una palabra binaria. Los circuitos de decodificación contienen un generador de caracteres interno. Este generador saca los caracteres (enviados por la fuente) para desplegarlos en la pantalla del CRT. El mismo generador de caracteres que se usa para otras funciones de despliegue en la pantalla, a menudo se usa para desplegar el closed caption.

Teletexto y videotexto.

Otro sistema similar al closed caption es la transmisión de una gran cantidad de palabras de datos para permitir la reproducción de páginas completas de caracteres alfanuméricos en forma de texto. Los gráficos con imágenes simples se pueden incluir. La información del teletexto se puede sobreponer, como una señal RVA, en la parte “superior” de la imagen normal de televisión. La señal puede contener noticias (u otros boletines con gráficos) en una porción de la pantalla del CRT. Se dispone de varias opciones para los proveedores de las señales de teletexto.

La tabla muestra las especificaciones e información relacionada con codificadores y decodificadores para la línea 21 del borrado vertical (EIA).

Intervalo	Descripción	Codificación mínima	Codificación nominal	Codificación máxima	Límite inferior más alto de decodificación	Decodificación nominal	Límite superior más bajo de decodificación
A	Sincronización <i>H</i> para avanzar el reloj	10.250 μ s	10.500 μ s	10.750 μ s	10.000 μ s	10.500 μ s	11.000 μ s
B	Avance del reloj ^{2,3}		6,5 D (12,910 μ s)			6,5 D (12,910 μ s)	
C	Avance del reloj para el tercer bit ³ de inicio		2,0 D (3,972 μ s)			2,0 D (3,972 μ s)	2,14 D ⁴ (4,250 μ s)
D	Bit de datos ³		1,0 D (1,986 μ s)			1,0 D (1,986 μ s)	
E	Caracteres de datos ⁵		(16,0 D) (31,778 μ s)			(16,0 D) (31,778 μ s)	
H	Línea horizontal ¹		32,0 D (63,556 μ s)			32,0 D (63,556 μ s)	
	Tiempo de subida/caída de las transiciones de bits de datos ⁶		0,240 μ s	0,288 μ s		0,240 μ s	0,480 μ s
	Bit de dato alto (nivel lógico de uno) ⁷	48 IRE	50 IRE	52 IRE	38 IRE ⁸	50 IRE	62 IRE ⁸
	Avance del reloj máximo						
	Bit de dato bajo (nivel lógico de cero) ⁷	0 IRE	0 IRE	2 IRE	-2 IRE ⁸	0 IRE	12 IRE ⁸
	Avance del reloj mínimo						
	Bit de dato diferencial (alto - bajo)	48 IRE	50 IRE	52 IRE	40 IRE ⁸	50 IRE	60 IRE ⁸
	Avance diferencial del reloj						

¹ La frecuencia de la línea horizontal (f_h) es nominalmente de 15 734.26 Hz \pm 0.05 Hz. El intervalo *D* debe ajustarse a $D = 1/(f_h \times 32)$ para la f_h instantánea en la línea 21.

² La señal de avance del reloj consiste en 0.7 ciclos de 0.503 496 5 MHz (1/*D*) de la onda senoidal medida de principio a fin, 0 puntos IRE. La onda senoidal debe ser simétrica respecto al nivel de 25 IRE.

³ Los puntos medios negativos (media amplitud) del avance del reloj deben ser coherentes con los puntos medios (media amplitud) del inicio y las transiciones de bits de datos.

⁴ Estos valores se seleccionaron para ajustarse a las señales generadas por algunos codificadores existentes.

⁵ Dos caracteres, cada uno de 7 bits de datos y 1 bit de polaridad impar.

⁶ Barra 2T, medida entre 10% y 90% de los puntos de amplitud.

⁷ El avance del reloj en un nivel máximo no debe diferir del nivel alto de los de bits de datos por más de ± 1 IRE. El avance del reloj en un nivel mínimo no debe diferir del nivel bajo de los bits de datos por más de ± 1 IRE.

⁸ Estos valores se eligieron para ajustarse a las variaciones de la amplitud que pueden introducirse al pasar la señal a través del canal de transmisión y/o sistema de seguridad de la señal.

El tiempo disponible en el intervalo de borrado vertical puede emplearse para estos datos. Este método requiere un decodificador en el receptor para abrir las líneas específicas y procesar la señal digital. El World System Teletext (WST) se usa en varios países. Aunque los estándares de transmisión de televisión varían de un país a otro, las especificaciones básicas del WST se utilizan en cada uno de los sistemas. Se dispone de varios servicios alrededor del mundo; un código de un idioma nacional que controla el CI dentro del receptor de televisión para obtener el idioma correcto; una característica de cuestionario para los programas educativos, que permiten al usuario contestar las preguntas con una retroalimentación inmediata; y características para nuevas versiones, como alarmas y despliegues de páginas múltiples. Las normas técnicas continúan evolucionando conforme se desarrollan los sistemas de video digital. Los datos distribuidos en forma de señales de video se conocen como *videotexto*.

5.15 Ajustes globales de puesta a punto

El siguiente procedimiento de 14 puntos indica la secuencia para ajustar la pureza de color, la convergencia y la escala de grises.

1. Se revisa el tamaño de la imagen y la linealidad, de arriba abajo y de izquierda a derecha. Hay que asegurarse de que el enfoque y el centrado sean correctos. Cualquier cambio podría afectar la convergencia dinámica, así, todos estos ajustes deben hacerse de la manera correcta desde el principio.
2. Desmagnetizar el receptor.
3. Se hace un ajuste preliminar de la convergencia estática al centro de la pantalla.
4. Ajustar la pureza de color.
5. Restablecer la convergencia estática central.
6. Hacer los ajustes de convergencia dinámica.
7. Restaurar la convergencia estática central.
8. Desplegar una imagen en blanco y negro. Establecer los controles de activación en una posición central aproximada.
9. Se ponen en la posición mínima los controles de corte de color o de fondo y el control de pantalla. Colocar el interruptor en la posición de servicio.
10. Avanzar el control de pantalla hasta que aparezca una línea horizontal visible (o un entramado pálido, si la unidad no tiene un interruptor de servicio).
11. Avanzar los controles de fondo y de corte de tres colores hasta que aparezca una línea blanca o entramado blanco (imagen).

12. Ajustar para obtener una imagen de blanco y negro. Ajustar los controles de activación de color para tener una mejor iluminación de la escala de grises.
13. Repetir los pasos según sea necesario para obtener la mejor imagen de blanco y negro.
14. Para completar el arreglo, ajustar los controles para tener una imagen de color normal.

El receptor (monitor) viene de fábrica con todos los ajustes adecuados del sistema para el CRT. Una vez establecidos, los ajustes son estables y rara vez necesitan cambiarse, excepto cuando se instala un nuevo tubo de imagen (o yugo). Debido a variaciones en el diseño del circuito de los receptores y monitores, se deben seguir los pasos del procedimiento para el CRT y de la sección de ajustes del manual del fabricante.

Conclusiones

Como se planteó en la introducción de este trabajo de tesis, se consiguió mostrar con detalle los aspectos fundamentales de la transmisión de imágenes y la recepción de las mismas. Con esto, se llega con la suficiente preparación para abordar correctamente el tema de la aplicación de las distintas técnicas de pruebas y ajustes necesarias para que la señal de las imágenes sea recibida lo mejor posible en el cinescopio de un televisor, sin errores de ningún tipo y solo limitadas por los alcances de la tecnología en turno.

Este trabajo de investigación no trae consigo situaciones nuevas o innovadoras porque la naturaleza del tema no lo permite, dado que la tecnología en la que se basa hoy día es la que aun se emplea, pero ha llegado a su límite en cuanto a descubrir nuevas formas para su utilización. Entonces, el enfoque ha sido dar una buena herramienta de conocimientos prácticos sobre comunicaciones, audio y video. La utilidad principal de este trabajo es la de ser una guía concisa para atender las necesidades que se puedan tener al buscar datos sobre las pruebas de señal de video en el cinescopio de un televisor, pero también sobre cualquiera de los temas o incluso subtemas que complementan el trabajo.

Se debe mencionar que no se empezó de cero, es decir, con frecuencia se manejaron ciertos conceptos donde se debe tener un determinado nivel de conocimiento previo sobre temas distintos, desde luego relacionados con la electricidad, el magnetismo y la electrónica.

Haciendo un recuento de los temas, se presentan una serie de conclusiones para cada uno y se hace notar la relación que guardan con el trabajo en general, así como la importancia que pueden llegar a tener al estudiarlos.

El primer tema presentó un análisis de la parte receptora de imágenes en el ser humano, que viene siendo el sentido de la vista y específicamente en su elemento primario que es el ojo. Se puede concluir que toda imagen visible a los ojos se forma de acuerdo a las propiedades de la luz, de aquí la necesidad práctica y obligatoria de abordar sus características electromagnéticas, con esto ya se tiene la base para poder iniciar el estudio del *sistema de televisión*, que a su vez es visto de manera general en esta parte del trabajo.

En el tema dos, el objetivo fue hacer un desglose a nivel técnico del cinescopio y esto se logró con detalle. Se mostró su funcionamiento, así como los distintos tipos que hay, los

tipos de materiales que se utilizan y como se genera la imagen cuando la luz choca en la pantalla. Es ahí donde los ajustes se realizan para una buena recepción de la imagen.

Para empezar a trabajar en los ajustes y a hacer pruebas, antes es necesario conocer a que se le hará esto, y eso fue lo que se marcó como un objetivo del tema tres: tratar el asunto de cómo se forman las imágenes en el cinescopio con todas sus características y parámetros con los que debe trabajar para visualizarse correctamente en pantalla. Sin lugar a dudas este es otro tema imprescindible para este trabajo, y de nueva cuenta la conclusión del mismo se da de manera natural.

Como un complemento al tema tres se tienen la información del tema cuatro, que describe analíticamente lo que es la señal de video. La conclusión de este tema es la inclusión del estudio de las características eléctricas que se dan en la transmisión de los datos de video y la observación de los efectos de esta señal en el cinescopio. Al ser esto parte intrínseca en la visualización de imágenes, su estudio detallado era algo necesario para el objetivo general de este trabajo. Su análisis es vital sobre todo para distinguir donde se requiere el tratamiento adecuado en caso de algún desperfecto en la imagen, ya sea en la parte que esta transmitiendo o en el receptor.

Al final se presentaron algunas técnicas para hacer las pruebas de la situación en que se encuentra la imagen en la pantalla, por lo tanto su aplicación es de suma importancia antes de que un cinescopio salga de la fabrica o incluso ya estando en el lugar donde se le este dando uso. Se puede concluir que las pruebas realizadas emplean un lenguaje entendible para que sean una gran herramienta de apoyo en la resolución de algún problema específico.

Actualmente la tecnología del tubo catódico está siendo menos utilizada a favor de las tecnologías al plasma y a cristales líquidos, menos embarazosos y con costes de producción en continua pendiente a la baja. Los monitores a tubo catódico presentan la ventaja, con respecto de las tecnologías concurrentes, de una mejor velocidad de reacción, imágenes con colores más fieles y consumos más bajos reducidos ulteriormente. Pueden ser grandes y voluminosos, pero ofrecen aun la mejor imagen que puede obtenerse de un dispositivo de visualización de vídeo. Ni siquiera los paneles de plasma o LCD más altos de gama y modernos pueden llegar a competir con ellos, especialmente en profundidad de negros, contraste y claridad de imagen especialmente en los últimos modelos de televisores CRT capaces de mostrar alta definición (HDTV). La calidad de estos últimos es verdaderamente

muy buena. Además, los televisores CRT son muy fáciles de instalar y manejar, y gracias a su alto brillo funcionan bien en una gran variedad de condiciones de luz.

Un cambio importante es el paso de lo analógico a lo digital que ya pasa en nuestros días. Al ser incompatible con el sistema de ondas está entrando paulatinamente en cosas puntuales. El televisor doméstico será una verdadera terminal para todo tipo de servicios teleinformáticos y de videocomunicación. Las pantallas planas son ya una realidad, los televisores de alta definición con un barrido espectacular de imagen son ahora la última moda.

En cuanto a las plantas de CRT, éstas aún tienen importancia en la medida que los aparatos televisores análogos sigan vendiéndose, las fábricas están condenadas al cierre en la próxima década (Kenney 2004: p105) De acuerdo con este autor, con excepción del sudeste asiático, Taiwán, Corea y China, no había centros líderes en la fabricación de CRT en países en desarrollo. Aunque al final de la década del noventa los fabricantes coreanos y Mitsubishi habían empezado las operaciones en el noroeste de México. En este aspecto los objetivos de Samsung fueron especialmente ambiciosos al construir en Tijuana la fábrica más grande de CRT en el mundo. (Kenney 2004: p105-106).

También es cierto que en países como México donde la gran mayoría de personas debido a su ingreso económico no puede disfrutar aun de la tecnología mas reciente, se siguen usando ampliamente los televisores de cinescopio. Esto se puede observar en la mayoría de centros de servicio y en los talleres de reparación de toda la república mexicana ya que el numero uno de ingreso de aparatos son los televisores con cinescopio. De aquí la importancia de mantener un poco mas de tiempo los datos que ayuden para tener un buen funcionamiento de los aparatos que aun utilizan la tecnología en la cual se baso este trabajo de investigación.

Bibliografía

- Bonnet, Roger. **Televisión a larga distancia**. Barcelona, España. Ed. CEAC, 1988. 245 páginas.
- Cebrián Herreros, Mariano. **Diccionario de radio y televisión: Bases de una delimitación terminológica** / Variantes del título. Radio y televisión. Madrid. Ed. Alhambra, 1981. 375 páginas.
- Eugeni Bonet. **En torno al video**. Barcelona; México. Ed. Gustavo Gili, 1980. 300 páginas.
- González Treviño, Jorge Enrique. **Televisión, teoría y práctica**. México. Ed. Alhambra, 1983. 167 páginas.
- Grob, Bernard. **Televisión práctica y sistemas de video**. tr. Luis Ibañes Morlán. México Ed. Alfaomega, 1995. 453 páginas.
- Ibrahim, K.F. **Receptores de television**. Barcelona. Ed. Marcombo, Boixareu, 1996. 277 páginas..
- Lenk, John D. **Lenk manual de video: Operacion y localización de fallas**. tr. Rafael García Díaz. México. Ed. McGraw-Hill. 1995.
- Martín Marcos. **Videograbadores: Teoría y práctica**. Madrid. Ed. Euroservice, Barcelona. Ed. Aura, 1988. 156 páginas.
- Ruiz Vasallo, Francisco. **Televisión en color**. Tercera Edición. Barcelona. Ed. CEAE, 1991. 664 páginas.
- Ruiz Vassallo, Francisco. **Video**. Segunda Edición. Barcelona. Ed. CEAC, 1989. 585 páginas.
- Soler, Llorenç. **La televisión: Una metodología para su aprendizaje**. Segunda Edición. Barcelona. Ed. Gustavo Gili. 189 páginas.