



**INSTITUTO POLITECNICO NACIONAL
ESCUELA SUPERIOR DE INGENIERIA
MECANICA Y ELECTRICA
“UNIDAD CULHUACAN”**



**“TECNOLOGIA DE LA ALTA DEFINICIÓN EN LA
TELEVISIÓN DE ALTA DEFINICIÓN”**

Alumnos:

Islas Lazcano Kristian.
Sandoval Orozco Ivan.

Marzo 2007

Objetivo.

La presente tesis tiene como principal objetivo analizar la tecnología aplicada en la televisión de alta definición, para ello se han establecido como objetivos específicos la comparación con la televisión analógica, comprender los beneficios que aportaría a la sociedad mexicana y la normatividad requerida por dicha tecnología

Hipótesis

Elaboraremos un documento de consulta dirigido a toda persona interesada en conocer la tecnología aplicada en la televisión de alta definición, así mismo mencionar como ha evolucionado el sistema de la televisión en nuestro país y mencionar algunas aportaciones a la sociedad mexicana que la televisión de alta definición puede proporcionar.

Así mismo queremos recabar en un solo documento los conocimientos básicos de ingeniería en cuanto a la tecnología utilizada en la televisión de alta definición para que un estudiante de la carrera de Ingeniería en Comunicaciones y Electrónica y/o estudiante de cualquier área interesado en esta tecnología pueda consultar lo referente a este tema.

Justificación

La Televisión de Alta Definición (HDTV) es una tecnología que esta recién ingresando a nuestro país, razón por la cual no se cuenta con información que en general la sociedad tenga acceso.

El principal motivo por el cual se decidió realizar este trabajo de investigación es para difundir los conocimientos básicos sobre esta tecnología y los cambios que esta pueda provocar en la sociedad.

Prologo.

Recordemos que la televisión es la técnica de transmisión de imágenes animadas a gran distancia, empleando como medio de propagación el espacio libre sin embargo también puede efectuarse por redes especializadas o por cable y se fundamenta en la transformación de energía luminosa en energía eléctrica, esta a su vez en energía electromagnética que se envía al espacio libre. Todo este proceso ocurre en la transmisión, mientras que en la recepción la energía electromagnética es captada por la antena (o bien en algunos casos la información es transmitida por medios físicos) el equipo receptor y este se encarga de convertir los impulsos eléctricos en imágenes.

Esta Tesis proporciona la información básica sobre los principios de la Televisión, enfocándose a una nueva tecnología, HDTV (High Definition Televisión, que en español significa Televisión de alta definición). Esta tecnología es el resultado de intento para mejorar la calidad de imagen y sonido de las transmisiones de televisión.

Este documento esta enfocado no solo a profesionales o estudiantes de la carrera en comunicaciones, sino que a un público en general que esté interesado en conocer conceptos muy básicos de televisión de alta definición. Para ello comenzamos con temas que nos dan nociones de lo que es la televisión y nos muestra como ha evolucionado hasta llegar a la descripción de HDTV.

HDTV (Televisión de Alta Definición) es uno de los formatos que, aunados a la Televisión digital se caracteriza por emitir las señales televisivas en una calidad completamente digital superior a los sistemas actuales (PAL, NTSC) y además abre la posibilidad para aplicaciones interactivas.

INDICE

OBJETIVO.....	2
HIPÓTESIS.....	2
JUSTIFICACIÓN	2
CAPITULO 1. ESTADO DEL ARTE.....	7
1.1 EL TEATRO	8
1.2 EL LIBRO	9
1.3. LA PRENSA.....	9
1.4 EL TELÉFONO.....	9
1.5 LA RADIO	9
1.6 EL CINE.	10
1.7 LA TELEVISIÓN.	11
C A P I T U L O 2 CONCEPTOS BÁSICOS DE TELEVISIÓN.....	13
2.1 CONCEPTO DE TELEVISIÓN.....	13
2.1.1 INTRODUCCIÓN	13
2.2 EVOLUCIÓN DE LOS SISTEMAS DE TELEVISIÓN.....	13
2.2.1. ORÍGENES DE LA TELEVISIÓN.	13
2.2.3 LA TELEVISIÓN A COLOR.....	14
2.3 PRINCIPIOS BÁSICOS DE LA TELEVISIÓN ANALÓGICA.	15
2.3.1 FUNCIONAMIENTO BÁSICO DEL OJO.	15
2.3.3 NATURALEZA DE LA LUZ.	17
2.3.4. PRINCIPIOS DEL COLOR.	18
2.3.5 ESPECTRO VISIBLE.....	18
2.3.6 CARACTERÍSTICAS DEL COLOR.	19
2.5 TUBOS DE RAYOS CATÓDICOS.....	20
2.5.1 FÓSFOROS DE PANTALLA.	21
2.5.2 TUBOS DE IMAGEN TRICOLOR.	21
2.5.8 SINCRONIZACIÓN.	23
2.4 CÁMARAS DE TELEVISIÓN EN COLOR.....	24
2.4.1 DESCRIPCIÓN DE LA CÁMARA DE COLOR.....	25
2.4.2 SEÑALES DE TELEVISIÓN EN COLOR.....	26
2.6 SISTEMAS VIGENTES DE TELEVISIÓN EN COLOR.	28
2.6.1 SISTEMA NTSC.....	29
2.6.3 SISTEMA PAL.	31
2.6.5 SECAM.	33
2.7 TRANSMISIÓN DE LA TELEVISIÓN.....	34
2.7.1 ENLACE DEL ESTUDIO AL TRANSMISOR DE POTENCIA.....	34
2.7.2 EL TRANSMISOR DE TELEVISIÓN.	35
2.7.3 ESTACIONES REPETIDORAS.	36
2.7.5 MODULACIÓN EN AMPLITUD POR BANDA VESTIGIAL.	37
2.7.6 ATRIBUCIÓN DE FRECUENCIAS Y BANDAS DE TELEVISIÓN ABIERTA.....	38
CAPÍTULO 3 MARCO TEÓRICO.	41
3.1 DIGITALIZACIÓN DE SEÑALES.	41
3.1.1. DEFINICIÓN DE SEÑALES.	41

3.1.1.1. Señales Analógicas.	41
3.1.1.2. Señales Digitales.....	42
3.1.2. PROCESO DE DIGITALIZACIÓN	43
3.1.3. MUESTREO.....	43
3.1.3.1. "Aliasing".	44
3.1.4. CUANTIFICACIÓN.	45
3.1.5. CODIFICACIÓN.	46
3.1.5.1. Código Natural.	47
3.1.5.2. Código Simétrico.	47
3.1.5.3. Formatos de codificación.	47
3.1.5.4. Codificación de las señales compuestas.....	48
3.1.5.5. Codificación en componentes.	48
3.1.6. LA NORMA DE VIDEO DIGITAL CCIR 601 O NORMA 4:2:2.....	49
3.2. COMPRESIÓN DE VIDEO.	52
3.2.1. COMPRESIÓN SIN PÉRDIDAS.	53
3.2.2. COMPRESIÓN CON PÉRDIDAS.	53
3.2.3. TÉCNICAS USADAS EN LA CODIFICACIÓN DIGITAL DE VIDEO.	53
3.2.4. COMPRESIÓN DE VIDEO EN EL ESTÁNDAR MPEG.	54
3.2.4.1. MPEG-1.	54
3.2.5. "H.261".....	56
3.3. EL ESTÁNDAR MPEG-2.	56
3.3.1. PERFILES Y NIVELES MPEG-2.....	56
3.3.2. EMPAQUETADO Y FLUJO DE DATOS.....	57
3.3.2.1. Multiplexado de las señales.	57
3.3.2.2. Multiplexado de las Señales MPEG2.	58
3.3.2.2.1. Tren de programa (Program Stream).....	60
3.3.2.2.2. Tren de transporte (Transport stream).....	60
2.7.5. CONSTITUCIÓN DEL PAQUETE DE TRANSPORTE MPEG-2.	61
3.4. TRANSMISORES Y RECEPTORES PARA TV DIGITAL.	62
3.4.1. EL TRANSMISOR.	63
3.4.1.1. Sincronía de cuadro.	63
3.4.1.2. Aleatorizador de datos.	63
3.4.1.3. Codificador REED-SOLOMON.....	63
3.4.1.4. Desorden de datos.....	64
3.4.1.5. Sincronización e inserción de señal piloto.	64
3.4.1.6. Modulación 8 – VSB.....	66
3.4.1.7. Etapas de RF.	67
3.4.2. Receptor.	67
3.4.2.1. Características del receptor de video.....	68
C A P I T U L O 4 LA TELEVISIÓN DE ALTA DEFINICIÓN HDTV.....	68
4.1 TELEVISIÓN DE ALTA DEFINICIÓN (HDTV).....	68
4.1.1 LA TELEVISIÓN DE ALTA DEFINICIÓN ANALÓGICA.	68
DOCUMENTO 11.283/3.....	70
SISTEMA 1250/50.....	70
SISTEMA 1080/50 – 1080/60.....	71
4.1.2 LA RELACIÓN DE ASPECTO 16:9.....	71
4.1.3 LA SEÑAL DE VIDEO COMPUESTA EN HDTV ANALÓGICA.	73
4.1.4 ESTÁNDARES 1250/50 Y 1125/60.....	77

4.1.5 DIGITALIZACIÓN DE LA SEÑAL DE HDTV	78
4.1.6 FORMATOS DE HDTV	78
4.1.7 CALCULO DE LA VELOCIDAD BINARIA.....	82
4.2 RELACIÓN DE ASPECTO EN TELEVISIÓN	83
4.2.1 SEÑALES SDI EN 4:3 Y 16:9.....	83
4.2.2 CONVERSIÓN DE RELACIÓN DE ASPECTO	85
4.2.3 CONVERSIÓN DE 16:9 A 4:3. LETTER BOX A.....	88
4.2.4 CONVERSIÓN DE 16:9 A 4:3. EDGE CROPPED	89
4.2.5 CONVERSIÓN DE 4:3 A 16:9 HORIZONTAL CROP	91
4.2.6 CONVERSIÓN DE 4:3 A 16:9. PILLAR BOX	92
4.2.7 EL CONVERTOR DE RELACIÓN DE ASPECTO (ARC).....	94
4.2.8 CONVERSIÓN ASCENDENTE (UP CONVERTION).....	94
4.2.9 CONVERSIÓN DESCENDENTE (DOWN CONVERTER).....	96
4.3 EL AUDIO DIGITAL.....	96
4.3.1 INTRODUCCIÓN.....	96
4.3.2 DIGITALIZACIÓN DE LA SEÑAL DE AUDIO.	96
4.3.3 MUESTREO DE LA SEÑAL DE AUDIO.	98
4.3.4 CUANTIFICACIÓN	102
4.3.5 EL CÓDIGO PCM (PULSE CODE MODULATION)	103
4.3.6 SEÑAL DE AUDIO DIGITAL AES/EBU	104
4.4 INFRAESTRUCTURA EN HDTV.....	108
GLOSARIO.....	110
BIBLIOGRAFÍA.....	113

Capítulo 1. Estado del arte.

La forma en que la humanidad se ha comunicado ha variado a medida que avanza la historia, el hombre desarrollo el alfabeto y mediante los primeros medios (piedra, madera y pergamino) es como logra conservar y hacer que trasciendan en el tiempo sus conocimientos, su cultura y vivencias.

Pero qué es la comunicación, primeramente vamos a analizar la palabra desde su origen. Comunicar*, de acuerdo a su significado etimológico, nos da a entender que vamos a transmitir nuestras ideas con el objeto de ponerlas “en común” a uno o varios individuos.

Para poder establecer la comunicación necesitamos utilizar un código, el cual debe ser compartido por los elementos involucrados en el proceso. Dicho código es un conjunto de símbolos y signos.

Cuando hablamos de códigos, generalmente asociamos esta palabra al lenguaje, pero es importante resaltar que su significado va más allá de los códigos verbales (ya sea en forma oral o escrita), existen además otros como los gestos de la cara y el cuerpo (mímica), sonidos (en la música hay reglas que marcan una estructura). Otra manera de transmitir mensajes es a través de los colores. De este ultimo podemos citar dos ejemplos entre muchos, el primero y del cual seguramente el lector esta muy familiarizado son los semáforos, y el segundo ya relacionado a la ingeniería en electrónica es el código de color de los resistores. Pero cabe destacar que algunos de los códigos no verbales también varían como el lenguaje de acuerdo a las diferentes regiones.

Como ya se menciona al principio, a medida que la sociedad evoluciona y desarrolla nuevas formas y tecnologías también cambia la forma en la que el hombre intenta compartir sus ideas. Un hecho muy importante que tiene gran impacto en los medios de comunicación fue la imprenta, de ahí que gracias a dicho invento surgen después medios como el periódico u otros panfletos informativos.

* Comunicación, del latín “comunis” que significa “común”

Posteriormente (a principios del siglo pasado) surge primeramente el radio y luego en los años 40 la televisión. Pero el desarrollo de las comunicaciones no se detiene ahí, dando un gran salto está Internet, que se ha convertido en una herramienta muy poderosa y en muchos casos indispensable.

Como se ha visto la historia de la comunicación no solo ha sido afectada por avances tecnológicos, sino que también en su desarrollo se involucran otros aspectos como son la política y la economía.

Es probable que la incógnita que el lector tenga ahora sea la relación que guardan los aspectos antes mencionados con la comunicación, bien en cuanto al contexto político, éste se encarga de regularizar y la economía de financiar estos servicios.

Un aspecto más es el entorno cultural, la transformación de dicho elemento es resultado del desarrollo de los distintos medios de comunicación.

Como sabemos la historia de las comunicaciones y de los propios medios, tiene una gran historia y hablar de cada uno nos llevaría a través de muchas paginas. Los siguientes párrafos nos darán una breve descripción de cómo es que han evolucionado las comunicaciones.

1.1 El teatro



Figura 1 Teatro griego

Aunque no se puede considerar como un medio de transmisión, el teatro aun hoy día es una manera de transmitir información. El teatro surge ya desde hace siglos con la aparición de las civilizaciones avanzadas como la griega. En estas obras se representaban o escenificaban en un principio la vida de los dioses y más adelante se representaban obras de carácter dramático. Las primeras obras eran realizadas al aire

libre.

1.2 El libro

Dentro de la historia de los medios de comunicación el libro impreso marca el comienzo de una serie de cambios. Cabe mencionar que el contenido de los libros es independiente de lugar y del tiempo. El libro impreso en sus inicios era una manera de reproducir en serie textos antiguos. En esta etapa la imprenta juega un papel muy importante.

1.3. La prensa

A diferencia del libro el contenido no es unitario si no que abarca varios temas. Históricamente es perecedero, es decir abarca temas “de la actualidad”. El periódico tiene una frecuencia de publicación y es de carácter público.

Debido a que es un medio que abarca múltiples temas, la prensa puede ser aprovechada como un negocio comercial rentable, esto es la publicidad.

Una de las cosas que destacan de este medio es que grandes masas de todos los sectores y posibilidades educativas tienen acceso al mismo

1.4 El teléfono.

Otro de los importantes medios de comunicación en nuestra historia es el teléfono, cuyo objetivo principal es transmitir conversaciones, el desarrollo de este dispositivo se le atribuye a Graham Bell allá por el año de 1876.

Básicamente el teléfono se compone de dos “bloques”, un circuito de marcación que nos permitirá enlazarnos hacia un extremo específico (a otro aparato telefónico de un abonado “x”) y el otro bloque es el circuito de conversación. Este último se compone de un micrófono (transforma las ondas sonoras que emitimos –la voz- en ondas eléctricas) y un auricular el cual ejerce una función opuesta al micrófono.

1.5 La radio

Desde un aspecto técnico sabemos que este es un medio muy eficaz para la comunicación, ya que mediante el uso de ondas electromagnéticas es posible cubrir grandes zonas. Desarrollado a partir de las ecuaciones de Maxwell y con el trabajo de Hertz y otros “genios” fue posible la invención de este gran medio y el cual a evolucionado a medida que surgen nuevas tecnologías.

La radio es un medio que como bien se sabe traspasa las fronteras de las posiciones sociales, ya que esta al alcance de casi todos. Y debido a esto es que este medio se convierte en una forma eficaz y de bajo costo para fines comerciales. Además que poco a poco se ha convertido en un medio interactivo, pero cómo se puede lograr esto, bien pues con la ayuda de otros medios como el teléfono por ejemplo. Además también representa una forma para el entretenimiento ya sea individual y hasta familiar. Podemos decir que es la competencia de la televisión.

Como dato importante para la historia de la radio en México cabe destacar al ingeniero Constantino de Tárnava, quien instala la primera estación de radio experimental en Monterrey en el año de 1919. Dando un gran salto y solo como dato curioso recordemos a la XEW, que en nuestra opinión es una de las más importantes emisoras en la historia de México, que desde septiembre de 1930 inicia su transmisión.

1.6 El cine.

De la necesidad que el hombre siempre ha tenido de poder captar el movimiento y así mismo poder representarlo es como el cine surge. Esto se aprecia con las pinturas prehistóricas encontradas en cavernas. Siglos después y como antecedente del cine esta la fotografía.

Similar a la lectura en cuanto a que nosotros elegimos el tema del contenido, pero una característica lo diferencia de la actividad mencionada, la forma en que llega hasta nosotros a través de imágenes y sonidos.

Otros factores como el ambiente y la naturaleza colectiva social influyen en la manera de percibir el contenido. Además el suministro de la información esta limitado y esta controlado por otras personas (el productor, los artistas, etc.), las cosas a través de este medio probablemente solo se percibirán de una manera.

Aunque, en pocas ocasiones, ofrece ventajas en cuanto a producciones culturales se refiere, puede mostrar situaciones reales. La mayoría de los contenidos su objetivo es el entretenimiento.

El cine presenta principalmente las siguientes características: muestra imágenes reales (que algunas veces se suponen reales a pesar de tratarse de una historia de ficción), tiene gran impacto emocional (el actor tratara de transmitir con gestos y palabras entre otros recursos) y alta popularidad.

1.7 La televisión.

Este avance tecnológico surge a mediados del siglo XIX, Nipkow es quien comienza un arduo camino que llevaría todos sus esfuerzos hasta el desarrollo de la televisión, con la creación de su invento llamado Disco de Nipkow (figura #2), claro esta que muchos otros ingenieros están involucrados en esto.

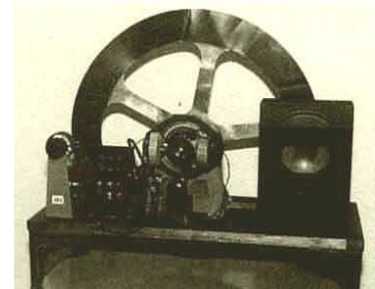


Figura #2. Disco de Nipkow

Las primeras transmisiones se basaron en transmitir imágenes exploradas principalmente de películas con cierta regularidad y con una definición de 48 Líneas.

La definición estándar en 1929 del equipo era de 30 líneas, empleando un canal normal de radiodifusión. La totalidad del canal estaba ocupada por la señal de video, por lo que la primera transmisión simultánea de audio y video no tuvo lugar sino hasta Diciembre de 1930.

Posteriormente en 1941 la **National Television System Comitee (NTSC)** estandarizó el sistema, válido para todos los estados de U.S.A. y de America Latina, basado en 325 líneas conocido como **“NTSC”**.

Francia no quiso estandarizar su sistema al americano y crea su propio sistema llamado **SECAM (SEquentiel Couleur A Memorie)**, con una definición de 625 líneas. Alemania hace lo propio con su sistema **PAL (Phase Alternation Line)**, también de 625 líneas; según las opiniones de los ingenieros, esta es la mejor de las tres”

Al término de la guerra, la industria de la TV tomó un nuevo ímpetu. Europa adoptó un sistema de 625 líneas, mientras que Francia poseía uno de 819. Inglaterra mantuvo el suyo de 405 y U.S.A. estandarizó su sistema de 525 líneas.

Junto con la radio, la televisión es una de los desarrollos tecnológicos que acaparan hoy día gran parte de la audiencia.

Se trata de un medio de comunicación masivo en la mayoría de los casos para el entretenimiento familiar, pero también una herramienta poderosa y útil para el aprendizaje. Como ejemplo claro esta la tele secundaria.



Figura 3 Guillermo González Camarena

La televisión y la radio son una manera útil de tener control y regulación de la gente, inclusive tiene impacto en la forma de pensar de la población, esto por la cercanía con el poder estatal.

Otro punto importante en este rubro de la televisión es la creación de la televisión a color, hacemos una escala en el año de 1934, en México. Cuando un joven del Instituto Politécnico Nacional realizaría experimentos, los cuales le llevarían hasta la creación de la televisión en color hasta 1939. El Ingeniero Guillermo González Camarena sería el responsable de este hecho histórico.

En México, años después (1946), aunque aun a blanco y negro, la primera emisora experimental (XHIGC) marca un hito en la historia de la televisión en México. Después de este hecho otras emisoras nacen.

Actualmente todos los medios siguen avanzando, y esto es gracias a los avances y aplicaciones de nuevas tecnologías. Si lo pensamos detenidamente los libros ya no solo esta presente en nuestras vidas de la forma que como nuestros padres o abuelos los concebían. A que nos referimos, bien, hoy día existen libros electrónicos, es decir el contenido de un libro reducido a un archivo de computadora. Inclusive los periódicos también los podemos consultar en la Internet.

Aunque si es cierto la mayoría de la gente aun prefiere los libros y periódicos de manera “tradicional”, esto principalmente porque no todos tienes los recursos para poder acceder a una computadora.

De aquí que podemos decir que otro de los medios de comunicación es Internet, pero hago hincapié que no todos tenemos acceso, ya sea por falta de conocimiento o de recursos económicos.

El Internet surge en los años 60 en Estados Unidos, era una manera de mantener las comunicaciones vitales en caso de alguna guerra. La red de computadoras debía ser descentralizada, esto quiere decir que no habría una autoridad central. Luego de aplicaciones militares, se interconectan Universidades, poco a poco la red crecía y es como comienza el surgimiento de Internet, una red de redes.

C A P I T U L O 2 C O N C E P T O S B Á S I C O S D E T E L E V I S I Ó N

2.1 Concepto de televisión.

2.1.1 Introducción

La palabra "televisión" es un híbrido de la voz griega "Tele" (distancia) y la latina "visio" (visión). El término televisión se refiere, asimismo, a todos los aspectos de transmisión y programación de televisión; se abrevia como TV.

La televisión es un sistema de comunicación que transmite a grandes distancias. Esta transmisión puede ser efectuada mediante ondas de radio o por redes especializadas; como por cable. La Televisión es el medio de comunicación más usado en todo el mundo.

La Televisión tiene una gran variedad de aplicaciones tanto en la sociedad, como en la industria, en los negocios y en la ciencia. El uso más común para la TV es el de fuente de información y entretenimiento para los espectadores en los hogares.

Una imagen de televisión es básicamente una imagen monocromática con variaciones de luz. Una imagen de televisión en color es una imagen monocromática con adición de color en las áreas principales de la escena.

2.2 Evolución de los sistemas de televisión.

2.2.1. Orígenes de la televisión.

La historia del desarrollo de la televisión ha sido en esencia la historia de la búsqueda de un dispositivo adecuado para explorar imágenes.

El primer dispositivo creado para tal propósito fue el llamado disco de Nipkow, nombre dado por el inventor alemán Paul Gottlieb Nipkow en 1884. El dispositivo consistía en un disco plano y circular que perforado por una serie de pequeños agujeros colocados en espiral partiendo desde el centro. Al hacer girar el disco delante del ojo, el agujero más alejado del centro exploraba una franja en la parte más alta de la imagen y así sucesivamente hasta explorar toda la imagen. Sin embargo, debido a su naturaleza mecánica el disco Nipkow no funcionaba eficazmente cuando tenía grandes dimensiones o cuando se necesitaban altas velocidades de giro para conseguir una mejor definición de imagen.

Los primeros dispositivos realmente satisfactorios para captar imágenes fueron el iconoscopio inventado por el físico estadounidense de origen ruso Vladimir Kosma Zworykin en 1923, y el tubo disector de imágenes, inventado por el ingeniero de radio estadounidense Philo Taylor Farnsworth tiempo después. Con la llegada de los tubos y los avances en la transmisión radiofónica y los circuitos electrónicos producidos posteriormente, los sistemas de televisión se convirtieron en una realidad.

Las primeras emisiones públicas de televisión se efectuaron en Inglaterra en 1927 y en Estados Unidos en 1930. En ambos casos se utilizaron sistemas mecánicos y los programas no eran emitidos con un horario definido. Las emisiones con programación se iniciaron en Inglaterra en 1936, y en Estados Unidos en 1939.

2.2.3 La televisión a color.

Las primeras investigaciones sobre la televisión a color datan de 1904 cuando se llegó a la idea de que era posible usar los colores primarios de la luz (rojo, verde y azul) para producir una imagen totalmente a color, pero esta fue retrasada debido a dos principales razones: La primera fue que para esa década resultaba muy complejo el diseño de la TV a color y la segunda fue debida a que la TV a color tenía que ser compatible con la televisión monocromática, la Televisión a color tenía que usar los mismos canales que la Televisión monocromática y ser capaz de ser recibida también en los receptores monocromáticos y viceversa.

Aunque se realizaron distintos experimentos para hacer realidad la Televisión a color, estos se vieron truncados debido a que no cumplían los requerimientos antes citados. En 1940 el ingeniero mexicano Guillermo González Camarena, basándose en el desarrollo del sistema tricromático secuencial de campos, construyó y patentó la televisión a color en su país natal y en Estados Unidos el cual fue rápidamente difundido en otros países.

La televisión a color compatible fue perfeccionada en 1953 y la transmisión de tal comenzó un año después, pero el uso generalizado de los televisores a color se dio hasta la década de los setentas; esto debido principalmente a que la sociedad le tomó cierto tiempo adaptarse al nuevo formato provocado principalmente por el desarrollo económico y la infraestructura de cada región.

Originalmente, las técnicas de televisión fueron desarrolladas para la difusión comercial, pero la aptitud para reproducir imágenes electrónicamente ha resultado tan útil que actualmente se utilizan en mucho más aplicaciones, como en la enseñanza, la industria, los negocios y comunicaciones en general. La misma idea se aplica al uso del receptor de TV como visualizador de una sencilla computadora personal. La pantalla del televisor puede ser monocromática o en color y actualmente en Alta Definición o HDTV (High Definition Television por sus siglas en inglés).

2.3 Principios básicos de la televisión analógica.

2.3.1 Funcionamiento básico del ojo.

La visión humana consiste en un doble proceso que ocurre por una parte en el ojo y otra en el cerebro.

La salida luminosa de un objeto estimula el ojo. Este estímulo se transfiere al cerebro, donde es registrado como una sensación consciente.

Su estructura es básicamente similar al funcionamiento de un instrumento mecánico. El ojo consiste esencialmente en un sistema de lentes, un diafragma ajustable y una pantalla; el diafragma es el iris y la pantalla es la retina; **como se muestra en la figura #**

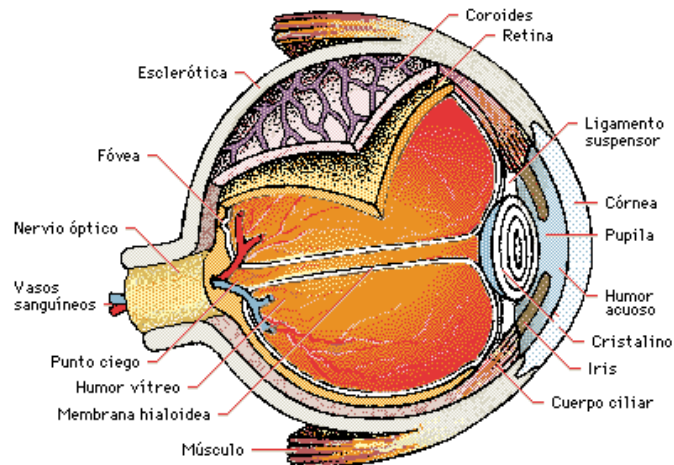


Figura Esquema del ojo humano

La luz entra al ojo a través de una capa transparente llamada córnea. La cantidad de luz que se permite incidir en el cristalino o lente, es controlada por la expansión o contracción del iris (diafragma). A un nivel bajo de luz el iris se expande y por lo contrario a un nivel alto se contrae.

La luz pasa a través de la pupila, que es la abertura del iris y entonces a través del cristalino; cuya configuración está ajustada por el cuerpo ciliar, enfoca la luz sobre la retina, donde unos receptores la convierten en señales nerviosas que pasan al cerebro. El nervio óptico es el encargado de conducir estas señales.

El ojo humano no capta con la misma sensibilidad todos los colores del espectro visible, es decir no todas las radiaciones luminosas de frecuencia comprendidas dentro del espectro visible, sensibilizan por igual al ojo humano. El ojo humano es más sensible a altos niveles de iluminación. Como consecuencia, para obtener estas luminosidades es preciso dirigir al ojo potencias luminosas distintas según la longitud de onda. Por ejemplo, para obtener la misma luminosidad se necesita mayor potencia en el violeta que con el amarillo. Esto quiere decir que para un sistema de TV a colores se puede tener:

1. Una banda de video de 4MHz para la información de brillo (se tiene así en la TV blanco y negro).
2. Una banda de video de 500 KHz para los tres colores y que sólo cubrirá los objetos grandes de la imagen.

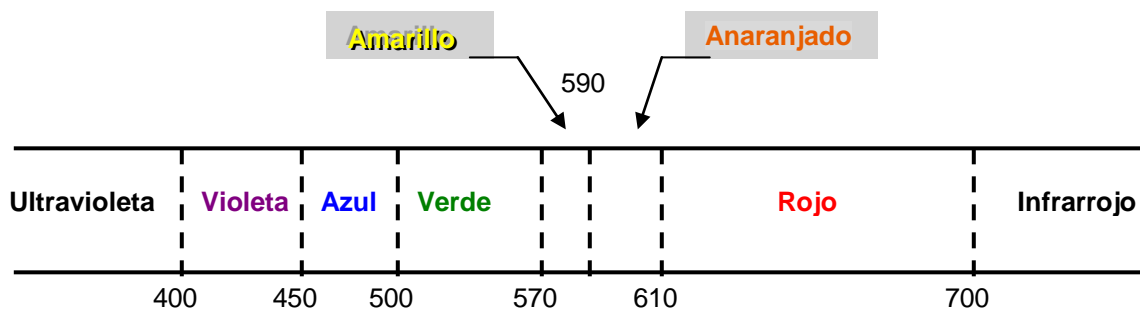
3. Una banda de 500 KHz a 1.5 MHz para objetos o áreas pequeñas con sólo dos colores (naranja-turquesa).
4. Para áreas pequeñas, detalles de la imagen no requieren color, sólo información de brillo.

Una herramienta útil que nos ofrece el ojo humano es su *persistencia*, o sea la habilidad de que la sensación permanezca cuando el estímulo ha sido discontinuado. La TV monocromática hace uso de esta cualidad junto con la *persistencia del fósforo* de la pantalla, para lograr una imagen completa de lo que en un instante dado es sólo un punto estimulado en la pantalla.

2.3.3 Naturaleza de la luz.

La luz se define como una porción del espectro electromagnético que es visible al ojo humano. Como los límites de la percepción de la luz varían entre una persona y otra, por lo tanto, toda discusión sobre la luz y el color debe hacerse sobre la base de un observador normal, que es el promedio de mucha gente.

Las longitudes de onda visibles, pueden ser examinadas más cerca si son removidas del espectro y vistas de cerca, como se muestra en la **figura 4**. Se revela inmediatamente que la sensación de color en el ojo, es determinada por la longitud de onda de la luz que estimula la retina. De longitudes de ondas largas a cortas, los colores pasan del rojo al naranja, amarillo, verde, azul y finalmente al violeta.



Longitud de onda en milimicras.

Figura 2 Espectro de luz visible

En 1722 se encontró que la mayoría de los colores del espectro se podían duplicar por medio de una mezcla apropiada de tres colores. Con experimentos de tres colores primarios, se desarrolló una teoría de la visión humana al color. Esta teoría dice que *la retina de ojo contiene tres grupos de elementos sensitivos a la luz, y que cada grupo corresponde a diferentes longitudes de onda visuales*". Con la mezcla apropiada de señales de estos elementos, transmitida al cerebro, se produce el espectro completo de los colores visuales.

2.3.4. Principios del Color.

En cierta forma el ojo humano podría ser considerado como una especie de receptor de radio con un paso de banda entre 430 y 750 THz.

La frecuencia o la longitud de onda de la luz determinan el color o matiz que vemos. Pero algunos colores no corresponden a algunas longitudes de onda de la luz, por citar algún ejemplo está el color marrón y el púrpura. Estos colores son el resultado de la mezcla de proporciones diferentes del rojo, verde y azul. La interpretación de estos colores la hace la mente del observador.

2.3.5 Espectro visible.

El espectro electromagnético nos determina las frecuencias de trabajo de las diferentes señales electromagnéticas así como las longitudes de onda comprendidas por dichas señales. La señal que nos interesa saber su longitud de onda así como sus frecuencias límites es la de la luz, por las razones mencionadas anteriormente. **En la figura 5** se ilustra mejor el espectro electromagnético.

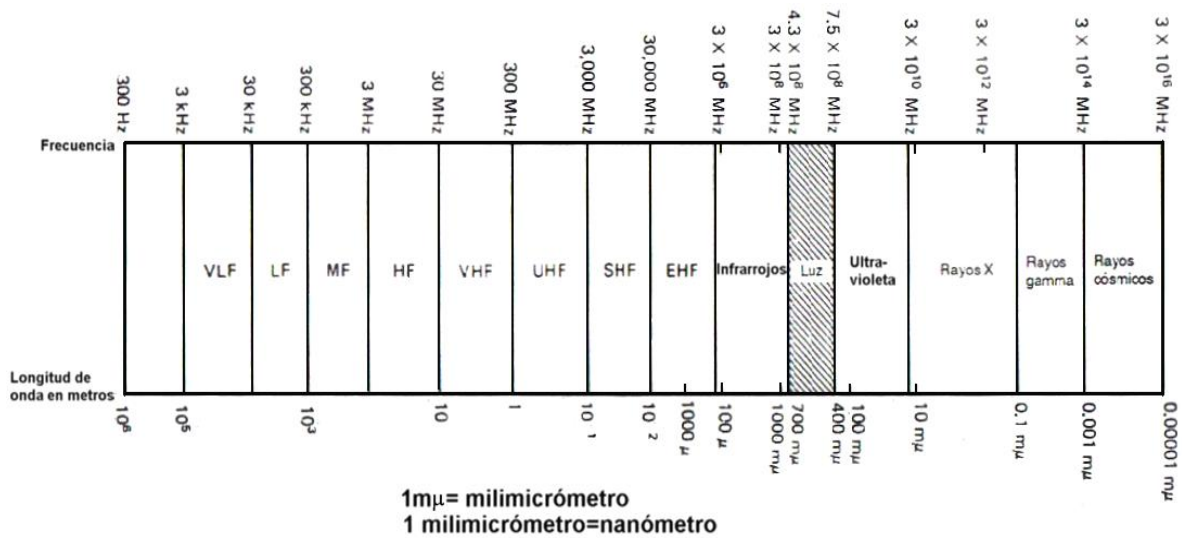


Figura 3 Espectro electromagnético

Su frecuencia de inicio de la luz es de 4.3×10^8 MHz y su frecuencia final es de 7.5×10^8 MHz, su longitud de onda comienza en los 700 $m\mu$ y se extiende hasta los 400 $m\mu$.

2.3.6 Características del Color.

El color se puede describir con tres características que son:

- *Matiz*: se define como la sensación de color producida cuando se ve luz de una o más longitudes de onda.
- *Brillo*: es la intensidad de la luz que se observa y por último la *saturación* describe el grado de pureza de un color y su carencia de luz blanca.
- *Saturación*: se relaciona con el brillo porque si se incrementa el contenido de blanco de un color saturado, su contenido de energía se incrementa y lo hace más brillante.

Los televisores de color pueden ajustar el grado de *saturación* , *brillo* y *matiz* por medio de los controles adecuados. El control de saturación se conoce como *control de color* . El matiz se ajusta con un control conocido por el nombre de *tinte* . El brillo se regula con los *controles de brillo y contraste* .

La luz es una mezcla de tres colores que son el rojo, verde y azul llamados colores primarios. Para formar luz blanca con los tres colores primarios aditivos se requieren tener las siguientes proporciones: 30% rojo, 59% verde y 11% azul.

Las características de estos tres colores a la visión son las siguientes:

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

La mezcla de estos tres colores en diferentes proporciones nos genera colores diferentes; a continuación se mostraran en la tabla algunos ejemplos de colores.

Tabla 4 Proporciones de los colores primarios para formar colores

Color	Mezcla
Blanco	Rojo 100% Verde 100% Azul 100 %
Gris	Rojo 50% Verde 50% Azul 50%
Rojo Azul	Rojo 100% Verde 50% Azul 0%

2.5 Tubos de rayos catódicos.

El tubo de imagen es un tubo de rayos catódicos (TRC) consistente en un cañón electrónico y un a pantalla de fósforo dentro de una envoltura de vidrio vaciada de aire. El cuello estrecho contiene el cañón electrónico que produce un haz de electrones. Los electrones del

haz son la superficie interior de la campana de vidrio. Para formar la pantalla, la superficie interior de la cara frontal está recubierta con un material luminiscente que produce luz cuando es excitado por los electrones del haz. Un tubo de imagen monocromático tiene un cañón electrónico y un recubrimiento continuo de fósforo que produce una imagen en blanco y negro. En los tubos de imagen en color la pantalla está formada con tríadas de puntos o de líneas verticales de fósforo rojo, verde y azul. Hay tres haces de electrones, uno para cada fósforo de color.

2.5.1 Fósforos de pantalla.

El número de P especifica la pantalla de fósforo. El P4 se emplea para todos los tubos de imagen de blanco y negro y para el de color se adopta el número P22 en todos los tubos con fósforo rojo, verde y azul; en la tabla # se muestran las diferentes pantallas y sus usos:

Número de fósforo	Color	Persistencia	Usos
P1	Verde	Media	Osciloscopios
<i>P4</i>	<i>Blanco</i>	<i>Media-Corta</i>	<i>Tubos de imagen monocromáticos</i>
P7	Blanco- Amarillo	Corta, larga	Pantalla de dos capas
P14	Azul, naranja	Corta, larga	Pantalla de dos capas
P15	Verde- ultravioleta	Muy corta	Explorador de punto móvil
<i>P22</i>	<i>Rojo, verde y azul</i>	<i>Media</i>	<i>Tubos de imagen tricolor</i>

Tabla 1 Clasificación de fósforos de pantalla.

2.5.2 Tubos de Imagen tricolor.

La pantalla tiene fósforo *P22* (rojo, verde, azul) y se utilizan tres haces electrónicos, uno para excitar cada color primario. Hay esencialmente tres tubos de imagen en una sola envolvente, como muestra la siguiente **figura #**:

Un cañón controla los electrones que inciden sólo en el fósforo rojo, el segundo es para el fósforo verde y el tercero es para el fósforo azul. Los fósforos de color forman tríadas de puntos en la pantalla como lo muestra en la figura 12:

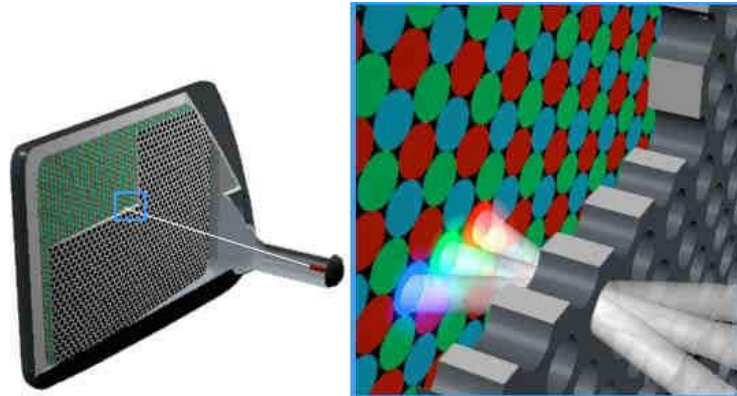


Figura 5 Tubo de imagen tricolor

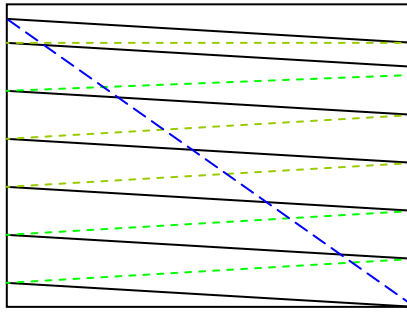
2.5.3 Formación de tríada en un TRC.

Actualmente los televisores utilizan dos tipos de cañones:

- 1) Cañones en línea: Las mejoras en el diseño del cañón han conducido a un sistema alineado que generalmente es el utilizado hoy en día. Los tres cañones están en un plano horizontal sobre un diámetro del cuello del tubo. Este diseño hace posible mantener un excelente enfoque con un pequeño diámetro de a mancha luminosa para obtener una alta resolución en la imagen.
- 2) Cañón Sony Trinitron: este sistema, tiene un sistema peculiar de enfoque. Todos los electrones están en un solo cañón electrónico, pero con tres cátodos y las rejillas aceleradoras tienen tres orificios que acomodan los tres haces. Luego los haces pasan a través de una lente Einzel de gran diámetro que enfoca a los tres con el campo eléctrico común por enfoque electrostático de baja tensión.

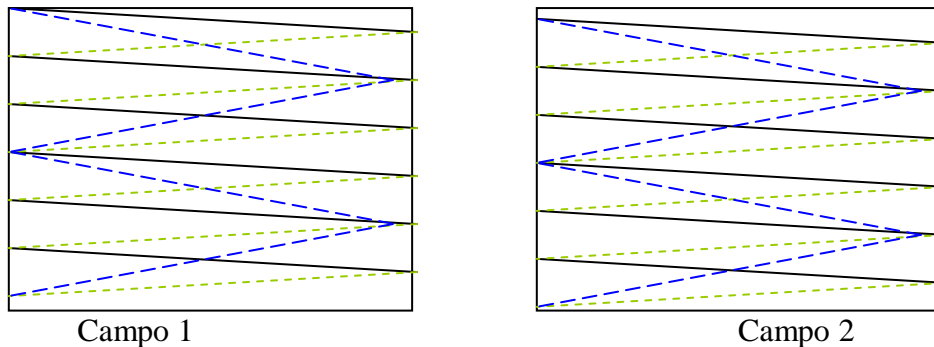
2.5.6 .Exploración Sucesiva

Exploración sucesiva: Se denomina sucesiva debido a que explora la pantalla línea a línea de izquierda a derecha y de arriba abajo. Esta exploración es poco utilizada debido a que produce un molesto parpadeo en la pantalla.



2.5.7 Exploración Entrelazada.

Exploración entrelazada: Esta exploración es la más utilizada ya que evita el molesto parpadeo, inconveniente de la sucesiva. Se trata de explorar cada cuadro en dos campos (líneas pares e impares).



2.5.8 Sincronización.

En el tubo de imagen, el haz de exploración debe volver a agrupar los elementos de imagen de cada línea horizontal con la misma posición relativa de izquierda a derecha que los de la imagen en el tubo de cámara. Para ello se transmite un impulso de sincronismo horizontal por cada línea horizontal, a fin de conservar sincronizada la exploración horizontal, y en cada campo se transmite un impulso de sincronismo vertical para sincronizar para sincronizar el movimiento de exploración vertical. Los impulsos de sincronismo horizontal tienen una frecuencia de 15.750 Hz, y la frecuencia de los impulsos de sincronismo vertical es 60 Hz.

Los impulsos de sincronización se transmiten como parte integrante de la señal de video, pero son enviados durante los períodos de borrado en que no se transmite información alguna. Esto es posible a causa de que el impulso de sincronización inicia la retraza, ya sea

horizontal o vertical, y por consiguiente se produce durante el tiempo de borrado. Las señales de sincronismo se combinan de manera que parte de la amplitud de la señal de video modulada se utiliza para los impulsos de sincronización y el resto para la señal de cámara.

Finalmente la señal de video queda compuesta como se ilustra en la **figura #**:

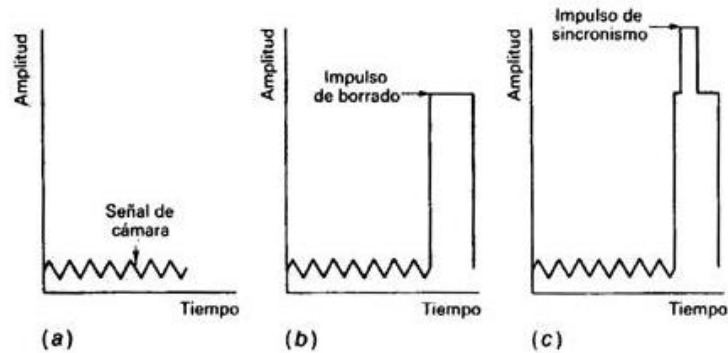


Figura 6 Las tres componentes de la señal video compuesta son las variaciones de la cámara, los impulsos de borrado y los impulsos de sincronismo.

La señal de cámara de la **figura # (a)** está combinada con el impulso de borrado en la **figura # (b)**. Luego se añade el sincronismo para producir la señal video compuesta en la **figura # (c)**. El resultado que aquí se muestra es la señal para una línea horizontal de exploración.

2.4 Cámaras de televisión en color.

La señal vídeo de la imagen tiene su origen en la cámara. La imagen óptica es enfocada sobre una placa sensible a la luz que esta contenida dentro del tubo de la cámara. Por medio del efecto fotoeléctrico, las variaciones son convertidas en sus correspondientes señales eléctricas.

La conversión del área total de imagen en señal de video se efectúa por el proceso de exploración. El haz electrónico explora en el tubo de cámara cada elemento de imagen de izquierda a derecha en cada línea horizontal, línea por línea de arriba a abajo. Cuando la exploración continúa en este orden secuencial, son convertidos los valores de iluminación de cada punto de la imagen en la salida de señal. El sistema es básicamente el mismo para

la TV en color y la monocromática. Para el color, no obstante, son producidas señales separadas para el rojo, el verde y el azul para la información de imagen.

La **figura #** representa la constitución esquematizada de una cámara de televisión de color. Consiste en tres tubos de toma de imágenes integrados en un sistema óptico de filtros cromáticos y espejos dicróicos, de forma que la luz que pasa por el objetivo sea descompuesta en los tres colores primarios (rojo, verde y azul), cada uno de los cuales actúa sobre un tubo de toma de imagen distinto. Por lo tanto cada tubo reacciona únicamente a la luminancia correspondiente a cada color, y cuyas frecuencias están determinadas por la banda pasante de los respectivos filtros de color. Naturalmente, las bandas pasantes de dichos filtros corresponden a los tres colores primarios rojo, verde y azul.

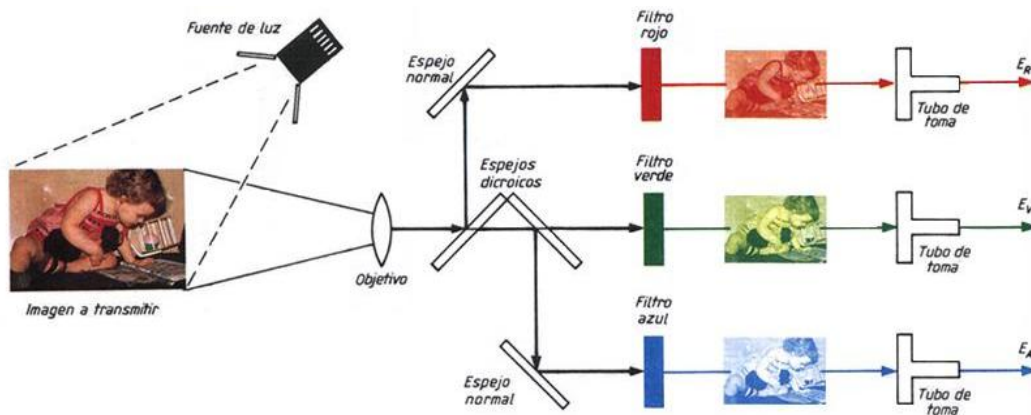


Figura Esquema simplificado de una cámara de televisión en color.

2.4.1 Descripción de la cámara de color.

La imagen a transmitir es iluminada por focos de luz blanca procedente de proyectores o de luz solar. Dicha luz se refleja en la imagen, la cual se convierte a su vez en manantial de luz.

La luz reflejada por la imagen atraviesa el objetivo y es enviada a los tres tubos de cámara mediante un sistema adecuado de espejos normales y dicróicos dispuestos con un ángulo de 45° , de forma que la luz puede ser reflejada de los dicróicos a los normales siguiendo las leyes de reflexión.

De esta forma se obtienen tres imágenes iguales reflejadas en otros tantos espejos. Dichas imágenes son fuentes de luz que se hacen pasar a través de filtros de color (rojo, verde y azul) y enviadas a los tubos de toma de imagen.

Como consecuencia de todo ello cada tubo engendra una señal eléctrica cuya amplitud corresponde a la luminancia de los tres colores primarios, en los que se ha descompuesto la luz procedente del objeto a transmitir. Esta señal eléctrica es representada en la figura como E_R , E_V y E_A .

La proporción de estas tres señales eléctricas debe ser tal que su mezcla pueda reproducir la luz blanca, de acuerdo con su respectiva participación en la luminancia. Esta contribución es como se verá más adelante de un 30 % para el rojo, un 59 % para el verde y un 11 % para el azul, para obtener una luminancia del 100 %.

2.4.2 Señales de televisión en color.

La mezcla de los colores en la televisión en color se hace de forma aditiva, con lo que la suma de los tres colores a su máxima intensidad nos da el color blanco.

Mediante filtros de color pueden analizarse los diferentes colores característicos de toda la imagen coloreada a partir de tres colores primarios. Si se combinan estos tres colores primarios de forma adecuada, puede reconstruirse la imagen original en el receptor de televisión.

Por lo tanto el punto de partida de cualquier sistema de televisión en color se encuentra a la salida de la cámara, la cual suministra las señales que corresponden a estos tres componentes útiles.

En el receptor se superponen de nuevo estos componentes, efectuándose la suma aprovechando el efecto del ojo humano de no distinguir el color entre dos puntos de color diferente situados a distancia determinada. Así, el color amarillo por ejemplo, se reproduce en la pantalla mediante la iluminación de un punto rojo y otro verde, y sin embargo el espectador cree ver el color amarillo.

La señal que se envía, no son los tres colores primarios, sino las tres características de la luz coloreada:

- Luminosidad (Cantidad de luz, emisión en blanco y negro)

- Matiz
 - Saturación
- } Crominancia (nos da el tono del color)

Otra de las informaciones que deben transmitirse en televisión en color es la crominancia. Esta información es una característica particular de la televisión en color, puesto que como es lógico suponer no existe ni se necesita en la transmisión de imágenes en blanco y negro.

Modulación de la subportadora de color

El sistema final debe de ser compatible y retrocompatible. Compatible significa que una emisión en color pueda ser visualizada en un televisor en blanco y negro y retrocompatible significa que una emisión en blanco y negro pueda ser visualizada en un televisor en color.

Uno de los problemas que se plantea en la transmisión de imágenes de televisión en color es el de introducir las bandas correspondientes a la crominancia dentro de la banda de frecuencias asociadas a la luminancia Y, perturbando lo menos posible a esta última.

- La mayor banda disponible se usará para la información de luminancia Y.
- Una banda más estrecha (con un 1MHz será suficiente) para las señales de crominancia C1 y C2, ya que el ojo no puede apreciar diferencias de color entre pequeños detalles.

En la decodificación una parte de la señal de luminancia Y se mezcla a las señales de diferencia de colores, con lo que se da a las señales de crominancia un elevado poder resolutivo. Se entrelazan los paquetes de energía de la señal de crominancia con los de la señal de luminancia en el punto en el cual se reduce la amplitud del espectro de frecuencias, es decir en el extremo superior de su banda. Se elige la subportadora de color de forma que su frecuencia sea múltiplo entero de la mitad de la frecuencia de línea.

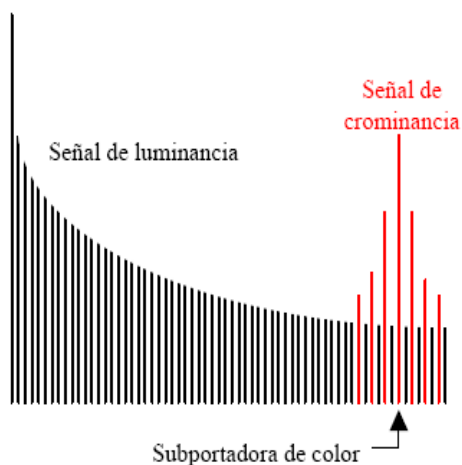


Figura 7 Entrelazamiento de paquetes de energía de la señal de crominancia con la señal de luminancia.

2.6 Sistemas vigentes de televisión en color.

Las normas aquí descritas son las del **National Television System Committee (NTSC)** debido a que es el estándar utilizado en México. Este grupo, formado por la **Electronic Industries Association**, también preparó las normas para la televisión monocromática en Estados Unidos. La **FCC** aprobó las normas monocromáticas en 1941. El sistema de televisión en color **NTSC** fue adoptado en 1954.

Históricamente, la difusión de televisión en color comenzó experimentalmente en 1949 aproximadamente con dos sistemas competitivos de **RCA** y **CBS**. El sistema **CBS** utilizó una rueda mecánica de color de filtros de rojo, verde y azul en campos sucesivos o secuenciales. Este método utilizó frecuencias de exploración que no eran compatibles con la difusión monocromática. El sistema **RCA** utilizó normas de exploración compatibles. El sistema **CBS** fue adoptado durante corto tiempo en 1951 pero se usó muy poco. Luego **NTSC** preparó nuevas normas basadas en el sistema **RCA**. Después de algunos ensayos fue adoptado por la **FCC** el sistema **NTSC** de televisión en color. Este sistema es el normalizado en estados Unidos, Canadá y Japón y muchos países del hemisferio oeste.

En Europa los principales sistemas de televisión en color son el **PAL (Phase Alternating Line)** y el **SECAM (Sequential Couleur Avec Memoire or Sequential Color with Memory)**

2.6.1 Sistema NTSC.

El formato NTSC consiste en la transmisión de 29.97 cuadros de video en modo entrelazado con un total de 525 líneas de resolución y una velocidad de actualización de 30 cuadros de video por segundo y 60 campos de alternación de líneas.

Para la compatibilidad con el sistema blanco y negro el sistema NTSC de color emplea la señal monocromática del sistema en blanco y negro como componente de luminancia para la imagen en color, mientras que el componente de Crominancia se codifica por separado en una subportadora tanto en fase como en amplitud de cuadratura, a una frecuencia de 3.57 Hz. Esta subportadora en realidad se suprime en la transmisión radial para ahorrar ancho de banda, pero es dada a conocer en el receptor mediante una señal sinusoidal de la referencia conocida como “colorburst”, situada al inicio de cada línea de exploración de la señal blanco y negro.

De este modo, una vez que la señal de luminancia es decodificada, se agrega el color a cada uno de los píxeles que forman a la línea de exploración, empleando para ello la información obtenida al comparar la amplitud y la fase de la subportadora con relación a la señal de referencia.

Un canal de televisión transmitido en el sistema NTSC utiliza alrededor de 6 MHz de ancho de banda, para contener la señal de video, mas una banda de resguardo de 250 khz entre la señal de video y la de audio. Los 6 Mhz de ancho de banda se distribuyen de la siguiente forma: 1.25Mhz para la portadora de video principal, dos bandas laterales de 4.2Mhz para las componentes de color que sobre la portadora de video principal, moduladas en cuadratura; la portadora de audio principal de 4,5 Mhz transmitida sobre la señal de video principal, y los últimos 250 Khz de cada canal para la señal audio estereofónica en frecuencia modulada. La señal de Crominancia en la norma ntsc se transmite en una frecuencia subportadora FM en los 3.58 Mhz

Los problemas de transmisión e interferencia tienden a degradar la calidad de la imagen en el sistema NTSC, alterando la fase de la señal del color, por lo que en algunas ocasiones el cuadro pierde a su equilibrio del color al momento de ser recibido por, esto hace necesario

incluir un control de tinte, que no es necesario en los sistemas PAL o SECAM. Por eso de broma se le denomina "NTSC: Never The Same Color" ("NTSC: Nunca el mismo color").

Otra de sus desventajas es su limitada resolución, de solo 525 líneas de resolución vertical, el más bajo entre todos los sistemas de televisión, lo que da lugar a una imagen de calidad inferior a la que es posible enviar en el mismo ancho de banda con otros sistemas. Además, la conversión de los formatos cinematográficos a NTSC requiere de un proceso adicional conocido como "pulldown de 3:2".

2.6.2 Características principales del sistema NTSC.

- La señal Y se transmite por modulación de amplitud con banda lateral vestigial, sobre una portadora de R.F. correspondiente al canal utilizado.
- Cb (diferencia al azul) modula en amplitud a una subportadora de valor $f_{sp}=3.58\text{MHz}$.
- Cr (diferencia al rojo) también modula la misma portadora de 3.58MHz, pero tras haber sido adelantada en 90 grados.
- Esta modulación de la croma, recibe el nombre de modulación en cuadratura, y permite que ambas componentes de color puedan modular a la subportadora y luego ser recuperadas en el receptor.
- La modulación del croma se realiza con circuitos del tipo modulador balanceado, lo que significa que no se transmite la subportadora, pues afectaría la luma y por ende la imagen.
- En el receptor se genera la subportadora en forma local, con un cristal de 3.58MHz.
- La fase de la subportadora es esencial para el funcionamiento correcto del sistema, por lo que esta fase se toma de la señal de burst (ciclos de subportadora) que se envían en el pórtilo posterior de borrado, tras el impulso de sincronismo horizontal.
- Al adicionar la croma a la luma, se encuentra que tal como se estableció hasta ahora para algunos colores, se produce sobremodulación, por lo que se hace necesario reducir en amplitud las señales de diferencia de color en 2.03 y 1.14. Tras esto, se aplican las señales Cb y Cr a los moduladores balanceados.

2.6.3 Sistema PAL.

El nombre "Phase Alternating Line" (*línea alternada en fase*) describe el modo en que la información de crominancia (color) de la señal de vídeo es invertida en fase en cada línea, permitiendo la corrección automática de los posibles errores en fase al cancelarse entre sí. En la transmisión de datos por radiofrecuencia, los errores en fase son comunes, y se deben a retardos de la señal en su llegada o procesado.

Aprovechando que habitualmente el contenido de color de una línea y la siguiente es similar, en el receptor se compensan automáticamente los errores de tono de color tomando para la muestra en pantalla el valor medio de una línea y la anterior, dado que el posible error de fase existente será contrario entre una línea y la siguiente. De esta forma dicho error, en lugar de un *corrimiento* del tono como ocurriría en NTSC, queda convertido en un ligero defecto de saturación de color que es mucho menos perceptible al ojo humano. Esta es la gran ventaja del sistema PAL frente al sistema NTSC.

Las líneas en que la fase está invertida respecto a cómo se transmitirían en NTSC se llaman a menudo líneas PAL, y las que coincidirían se denominan líneas NTSC.

El funcionamiento del sistema PAL implica que es constructivamente más complicado de realizar que el sistema NTSC. Esto es debido a que, si bien los primeros receptores PAL aprovechaban las imperfecciones del ojo humano para cancelar los errores de fase, sin la corrección electrónica explicada arriba (toma del valor medio), esto daba lugar a un efecto muy visible de "peine" si el error excedía los 5°. La solución fue introducir una línea de retardo en el procesado de la señal de luminancia de aproximadamente 64 μ s que sirve para almacenar la información de crominancia de cada línea recibida; la media de crominancia de una línea y la anterior es lo que se muestra por pantalla. Los dispositivos que eran capaces de producir este retardo eran relativamente caros en la época en la que se introdujo el sistema PAL, pero en la actualidad se fabrican receptores a muy bajo coste.

Esta solución reduce la resolución vertical de color en comparación con NTSC, pero como la retina humana es mucho menos sensible a la información de color que a la de luminancia

o brillo, este efecto no es muy visible. Los televisores NTSC incorporan un corrector de matiz de color (en inglés, *tint control*) para realizar esta corrección manualmente.

Finalmente, en el sistema PAL es más probable que el aparato receptor malinterprete una señal de color como señal de luminancia, o viceversa, que en el sistema NTSC. En consecuencia, el sistema NTSC es técnicamente superior en aquellos casos en los que la señal es transmitida sin variaciones de fase (y, por tanto, sin los defectos de tono de color anteriormente descritos), por ejemplo en la televisión por cable, por satélite, en videojuegos, en reproductores de vídeo, y en general en todas las aplicaciones en banda base.

2.6.4 Formatos del Sistema PAL

El sistema de color PAL se usa habitualmente con un formato de vídeo de 625 líneas por cuadro (un cuadro es una imagen completa, compuesta de dos campos entrelazados) y una tasa de refresco de pantalla de 25 cuadros por segundo, entrelazadas, como ocurre por ejemplo en las variantes PAL-B, G, H, I y N. Algunos países del Este de Europa que abandonaron el sistema SECAM ahora emplean PAL D o K, adaptaciones para mantener algunos aspectos técnicos de SECAM en PAL.

En Brasil, se emplea una versión de PAL de 525 líneas y 29,97 cuadros por segundo, PAL M, muy próximo a NTSC en la frecuencia de subportadora de color. Casi todos los demás países que emplean el sistema M de color usan NTSC para la luminancia. En Argentina, Paraguay y Uruguay, se usa PAL con el sistema estándar de 625 líneas, aunque de nuevo con la frecuencia subportadora de color de NTSC. Estas variantes se llaman PAL-N y PAL-CN. Los receptores de televisión PAL más recientes pueden mostrar todos estos sistemas, salvo en algunos casos PAL-M y PAL-N. La mayor parte también puede recibir señales SECAM del Este de Europa y de Oriente Medio, aunque normalmente no el SECAM francés, salvo en equipos de fabricantes franceses. Muchos pueden incluso mostrar NTSC-M en banda base para señales de un reproductor de vídeo o consola de videojuegos, aunque generalmente no pueden recibir NTSC por radiofrecuencia.

Cuando el vídeo se transmite en banda base, la mayor parte de las diferencias entre variantes de PAL no son ya significativas, salvo por la resolución vertical y la tasa de refresco de cuadro. En este contexto, referirse a PAL implica sistemas de 625 líneas horizontales a 25 cuadros por segundo, entrelazadas, con el color en PAL

2.6.5 SECAM.

SECAM es la sigla de Séquentiel Couleur avec Mémoire en francés o "Color secuencial con memoria". Es un sistema para la codificación de televisión en color analógica utilizado por primera vez en Francia. El sistema SECAM fue inventado por un equipo liderado por Henri de France trabajando para la firma Thomson. Es históricamente la primera norma de televisión en color europea. Igual que los demás sistemas utilizados para la transmisión de televisión en color en el mundo el SECAM es una norma compatible, lo que significa que los televisores monocromos (B/N) preexistentes a su introducción son aptos para visualizar correctamente los programas codificados en SECAM, aunque naturalmente en blanco y negro. Debido a este requerimiento de compatibilidad, los estándares de color añaden a la señal básica monocroma una segunda señal que porta la información de color. Esta segunda señal se denomina crominancia (C), mientras que la señal en blanco y negro es la luminancia (Y). Así, los televisores antiguos solamente ven la luminancia, mientras que los de color procesan ambas señales. Otro aspecto de la compatibilidad es no usar más ancho de banda que la señal monocroma sola, por lo que la señal de color ha de ser insertada en la monocroma pero sin interferirla. Esta inserción es posible porque el espectro de la señal de TV monocroma no es continuo, existiendo espacios vacíos los cuales pueden ser reutilizados. Esta falta de continuidad resulta de la naturaleza discreta de la señal, que está dividida en cuadros y líneas. Los sistemas de TV en color analógicos difieren en la forma en que se usan estos espacios libres.

En todos los casos la señal de color se inserta al final del espectro de la señal monocroma. Para generar la señal de video en banda base en el sistema SECAM, las señales de crominancia (R-Y o diferencia al rojo, y B-Y o diferencia al azul) son moduladas en FM con una subportadora de 4,43Mhz. Posteriormente son sumadas a la señal de luminancia (Y) y la señal resultante es invertida en el dominio del tiempo. Para transmitir la señal de

vídeo SECAM en un canal radioeléctrico de televisión, la señal en banda base se modula en modulación de banda lateral vestigial con una portadora centrada en el canal radioeléctrico deseado.

Características	NTSC	PAL	PAL N	PAL M	SECAM B, G, H	SECAM D, K, K1, L
Líneas/Campo	525/60	625/50	625/50	525/60	625/50	625/50
Frecuencia Horizontal	15.734 kHz	15.625 KHz	15.625 kHz	15.750 kHz	15.625 kHz	15.625 kHz
Frecuencia Vertical	60 Hz	50 Hz	50 Hz	60 Hz	50 Hz	50 Hz
Frecuencia Subportadora de color	3.579545 MHz	4.433618 MHz	3.582056 MHz	3.575611 MHz	4.433618 MHz	4.433618 MHz
Ancho de banda de Video	4.2 MHz	5.0 MHz	4.2 MHz	4.2 MHz	5.0 MHz	6.0 MHz
Portadora de sonido	4.5 MHz	5.5 MHz	4.5 MHz	4.5 MHz	5.5 MHz	6.5 MHz

Tabla 2 Comparación de los 3 sistemas y sus derivados.

2.7 Transmisión de la televisión.

2.7.1 Enlace del Estudio al Transmisor de Potencia.

Los enlaces estudio–transmisor son los destinados a llevar la programación desde los estudios hasta el sitio de transmisión de la estación matriz, sea radiodifusión o de televisión.

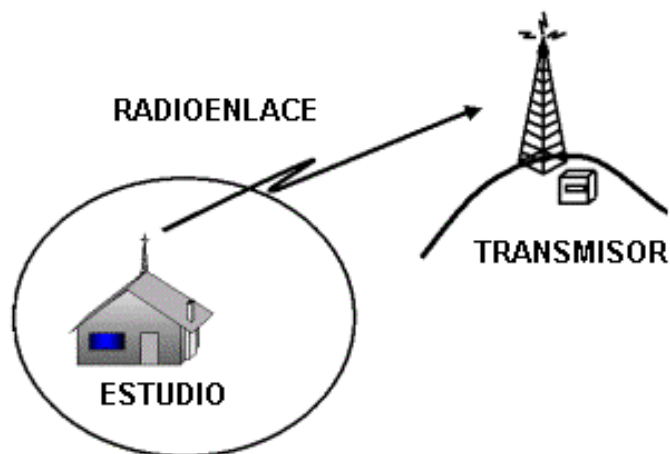


Figura 8 Radio enlace estudio-transmisor

Estos generalmente son enlaces vía microondas, aunque pueden variar según las exigencias de la empresa. En algunos otros casos, a manera de reserva, se emplean enlaces satelitales. Inclusive este enlace puede ser por fibra óptica.

Los transmisores de potencia están situados en puntos estratégicos, son lugares de una altitud considerable donde la radiación de las antenas pueda llegar lo más lejos posible, un ejemplo de ello lo constituye el Cerro del Chiquigüite (Figura 13)

2.7.2 El transmisor de televisión.

La salida de cresta o pico de potencia RF de un transmisor VHF típico de señal de imagen o sonido es de 1 a 50 KW. Sin embargo, la potencia radiada efectiva puede ser más alta a causa de que incluye la ganancia de la antena transmisora.

La mínima potencia efectiva radiada especificada por la FCC para una población de 1 millón de habitantes o más es de 50 kW, con una altura de antena transmisora de 500 pies (150 m). Para áreas de poblaciones de menos de 50,000 habitantes la mínima potencia efectiva radiada es 1 kW, con una altura de antena de 300 pies (90 m). En la figura 12 se muestra en bloques un transmisor de televisión.

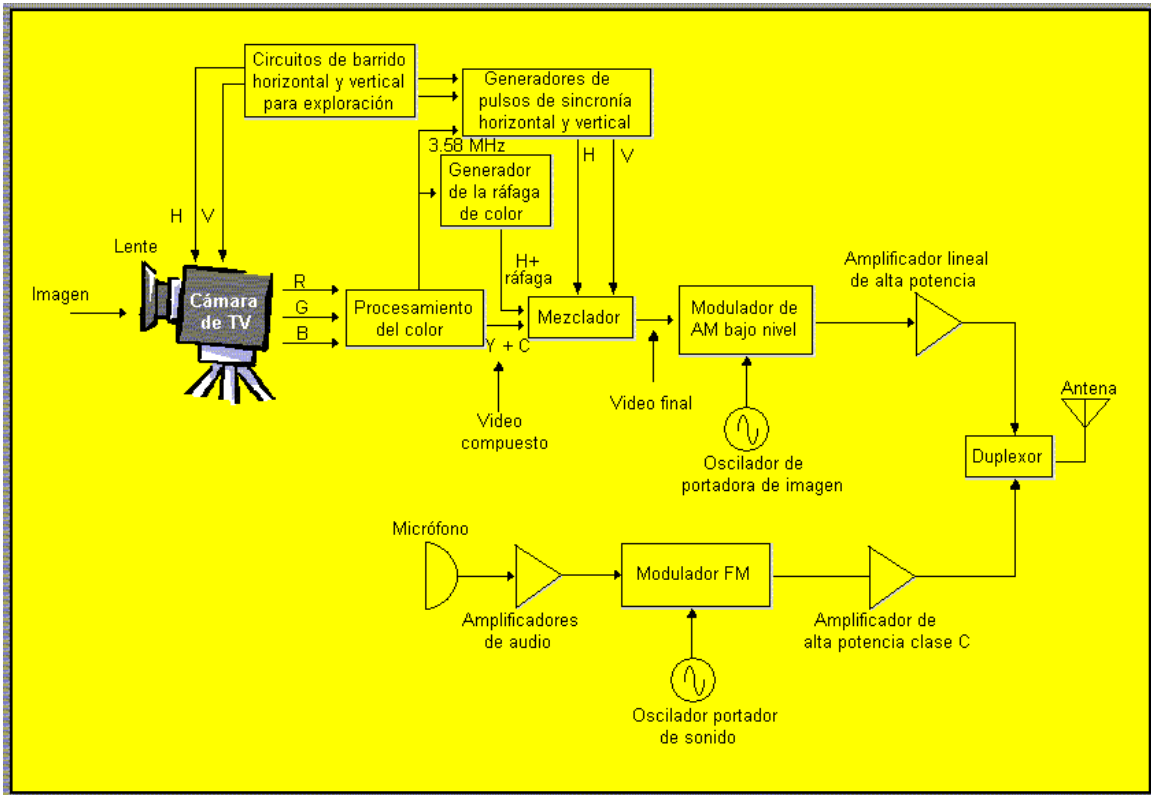


Figura 9 Diagrama a bloques de un transmisor de televisión.

2.7.3 Estaciones repetidoras.

Algunas zonas están sombreadas por montañas o demasiado lejanas de la emisora más próxima, para que la difusión de televisión pueda prestar un servicio satisfactorio. En este caso se puede utilizar una estación repetidora situada en un lugar conveniente para la recepción y para volver a difundir el programa hasta los receptores del área local. Algunas estaciones repetidoras convierten frecuencias de la banda VHF para volverlo a difundir en el canal UHF, reduciendo la interferencia. Estas son las estaciones trasladoras o de telé.

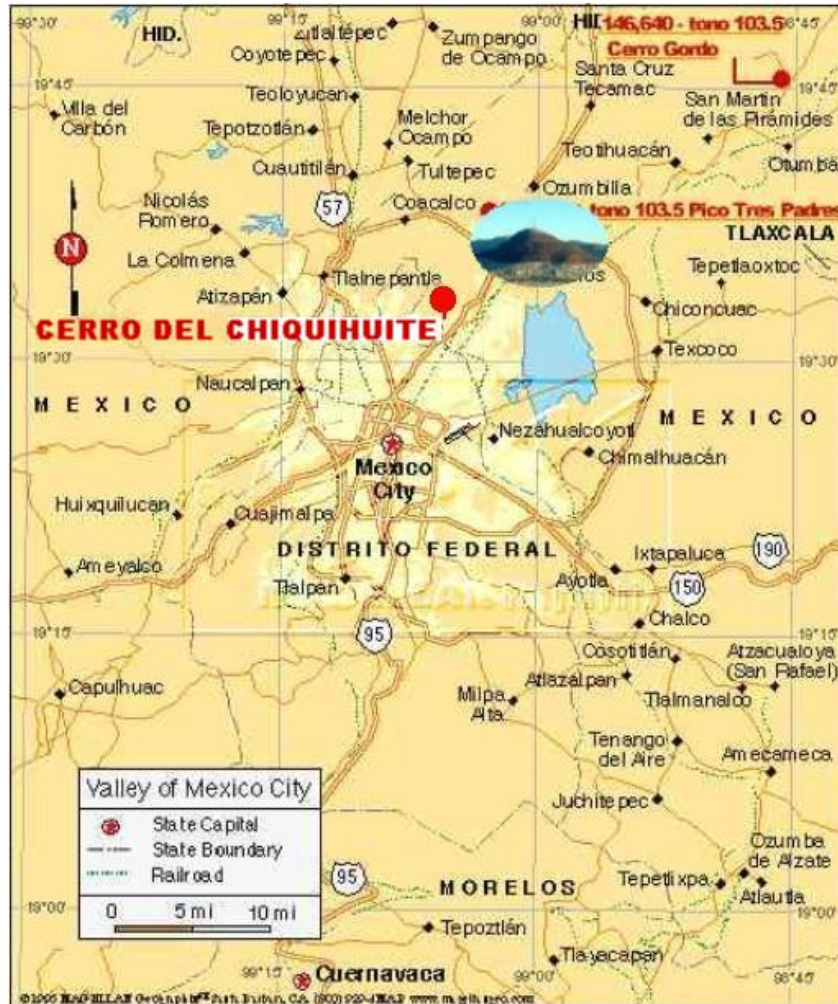


Figura 10 Cerro del Chiquihuite

2.7.5 Modulación en Amplitud por banda Vestigial.

El método de transmitir la señal de imagen modulada en amplitud (AM) consiste en variar la amplitud de una onda portadora de RF con la tensión de modulación. Es necesaria la modulación para que cada emisora de radiodifusión pueda tener su propia frecuencia portadora RF. Así puede ser sintonizada la sección RF del receptor a las diferentes emisoras. La señal portadora de imagen es transmitida con polaridad negativa de modulación, lo cual significa que las variaciones tendentes al blanco en la imagen disminuyen la amplitud de la señal portadora de imagen. Una ventaja de la transmisión negativa es que los impulsos de ruido incluidos en la señal de RF transmitida aumentan la amplitud de la portadora hacia el negro, lo que hace que el ruido sea menos perceptible en la imagen, además el transmisor utiliza menos potencia con amplitudes menores de portadora para imágenes que son mayormente blancas.

La señal AM no es transmitida como señal de doble banda lateral normal. En los sistemas del servicio público de televisión para la señal AM portadora de imagen, se emplea la transmisión de banda lateral vestigial o residual, se transmite íntegra una banda lateral, pero de la otra banda lateral sólo se transmite una parte, un vestigio o un residuo. Asimismo se transmite la portadora, es decir, es transmitida toda la banda lateral superior de la señal AM de imagen, incluyendo las frecuencias de modulación de video de hasta 4 MHz. La banda lateral inferior incluye solamente las frecuencias de modulación de video hasta 0.75 MHz aproximadamente, para conservar la anchura de banda en el canal de servicio. Esta transmisión es designada por la Federal Communications Comisión (FCC) como emisión tipo A5C.

2.7.6 Atribución de frecuencias y bandas de televisión abierta.

Las señales de televisión se asignan en frecuencias en los intervalos de VHF y UHF. Se utiliza en intervalo de frecuencia entre 54 y 806 MHz

Tabla 4 Asignación de frecuencias para cada canal de televisión

Canal	Frecuencia, MHz
Banda Inferior VHF	
2	54-60
3	60-66
4	66-72
5	76-82
6	82-88
Radiodifusión FM	88-108
Aviación	118-135

Radioaficionados	144-148
Móvil o marítimo	150-173
Banda Superior VHF	
7	174-180
8	180-186
9	186-192
10	192-198
11	198-204
12	204-210

13	210-216
UHF	
14	470-476
15	476-482
16	482-488
17	488-494
18	494-500
19	500-506
20	506-512
21	512-518
22	518-524
23	524-530
24	530-536
25	536-542
26	542-548
27	548-554
28	554-560
29	560-566
30	566-572
31	572-578
32	578-584

33	584-590
34	590-596
35	596-602
36	602-608
37	608-614
38	614-620
39	620-626
40	626-632
41	632-638
42	638-644
43	644-650
44	650-656
45	656-662
46	662-668
47	668-674
48	674-680
49	680-686
50	686-692
51	692-698
52	698-704
53	704-710

54	710-716
55	716-722
56	722-728
57	728-734
58	734-740
59	740-746
60	746-752
61	752-758
62	758-764
63	764-770
64	770-776
65	776-782
66	782-788
67	788-794
68	794-800
69	800-806
Telefonía celular	806-902

Tabla 3 Asignación de frecuencias para cada Canal de televisión. (Continuación)

CAPÍTULO 3

MARCO TEÓRICO.

3.1 Digitalización de señales.

3.1.1. Definición de Señales.

Básicamente podemos clasificar a las señales como analógicas y digitales.

El término "señal" se refiere a un voltaje eléctrico, un patrón luminoso o una onda electromagnética modulada que se desea obtener. Todos ellos pueden transportar información de audio o video generada por una fuente que puede ser una emisión de radio o televisión, o una cinta o un CD, etc.

3.1.1.1. Señales Analógicas.

Uno de los tipos de señal es la *analógica* como se muestra en la figura 3.1.

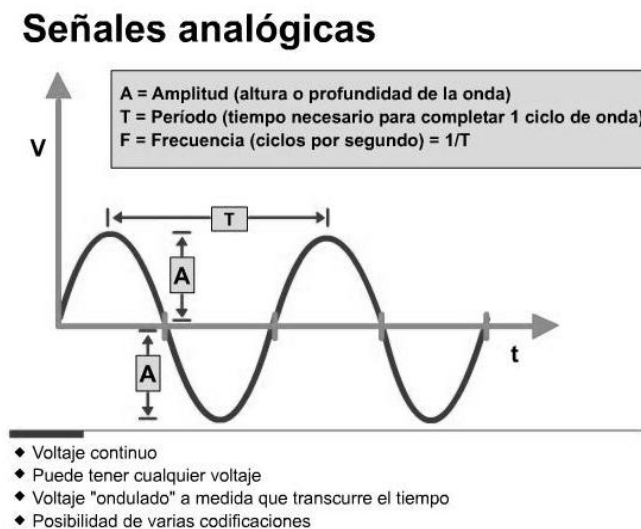


Figura 0.1 Representación de una Señal Analógica.

Una señal analógica tiene las siguientes características:

- Es ondulatoria
- Tiene un voltaje que varía continuamente en función del tiempo
- Es típica de los elementos de la naturaleza

Se ha utilizado ampliamente en las telecomunicaciones durante más de 100 años. La figura 3.1 muestra una *onda sinusoidal* pura. Las dos características importantes de una onda

sinusoidal son su *amplitud* (A), su altura y profundidad, y el *período* ($T =$ longitud de tiempo) necesario para completar 1 ciclo. Se puede calcular la *frecuencia* (f) (nivel de ondulación) de la onda con la fórmula $f = 1/T$.

3.1.1.2. Señales Digitales

Otro tipo de señal es la señal *digital* como se muestra en la Figura 3.2.

Señales digitales

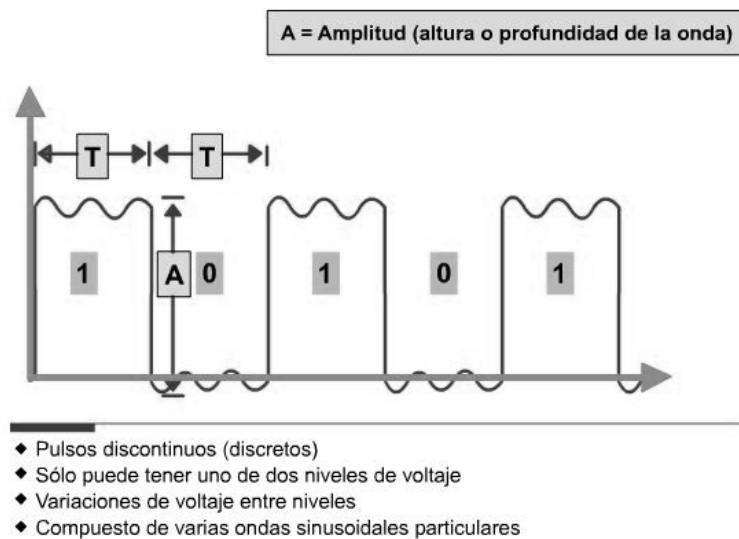


Figura 0.2 Representación de una Señal Digital.

Una señal digital tiene las siguientes características:

- Las curvas de voltaje vs tiempo muestran una variación discreta o pulsante
- Es típica de la tecnología, más que de la naturaleza

El gráfico muestra una señal digital. Las señales digitales tienen una amplitud fija, pero el ancho de sus pulsos y frecuencia se pueden modificar. Las señales digitales de las fuentes modernas se pueden aproximar a través de una *onda rectangular*, que tenga transiciones aparentemente instantáneas desde estados de voltaje muy bajos hasta estados de voltaje muy altos, sin ondulaciones. Aunque esta es una aproximación, es bastante razonable, y se utilizará en diagramas futuros.

3.1.2. Proceso de digitalización

La digitalización de una señal de video tiene lugar en tres pasos:

- Muestreo
- Cuantificación
- Codificación

3.1.3. Muestreo.

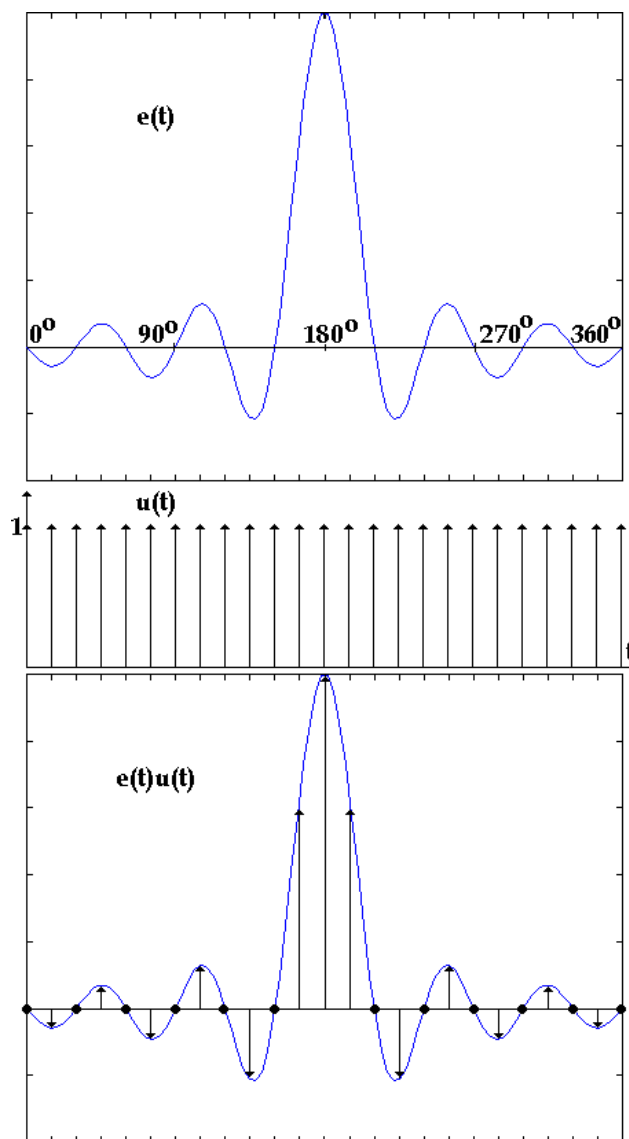


Figura 0.1. Muestreo de una señal análoga $e(t)$ por un tren de impulsos $u(t)$.

Sea una señal análoga $e(t)$ como la representada en el Figura 3.3. Se toman muestras breves de $e(t)$ cada 15° a partir de $t=0$. En 360° se habrán explorado 24 muestras. El resultado será

una serie de impulsos cortos cuyas amplitudes siguen a la señal análoga. A este tren de impulsos modulados en amplitud por la señal análoga se le denomina señal PAM (Pulse Amplitude Modulation o Modulación por Amplitud de Pulsos).

Este muestreo puede representarse por la multiplicación de la señal análoga $e(t)$ por un tren de impulsos $u(t)$, dando por resultado la señal de la parte inferior de la Figura 3.3.

3.1.3.1. "Aliasing".

Este razonamiento fue deducido por Nyquist-Shannon, al establecer que para conseguir un muestreo-recuperación sin distorsión, se requiere que la frecuencia de muestreo f_o sea al menos dos veces más elevada que la frecuencia máxima presente en la señal análoga muestreada.

La recuperación de la banda base se realizaría con un filtro pasa bajo que corte todas las frecuencias superiores a $f_o/2$. De no cumplirse el teorema del muestreo de Nyquist, el filtro dejaría pasar frecuencias pertenecientes a la banda lateral inferior contaminantes de la banda base, que producirían solapamientos con las frecuencias más altas de la misma. Este efecto se denomina "aliasing" (ver la Figura 3.4).

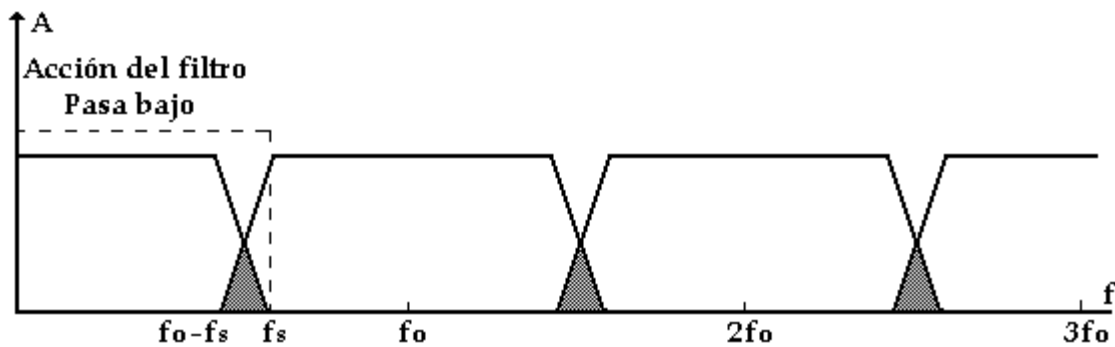


Figura 0.2. Cuando la frecuencia de muestreo es $f_o < 2f_s$

Otro motivo de "aliasing" se produce cuando el filtro no está bien calculado y permite el paso de frecuencias de la banda lateral inferior, aunque no estén solapadas con la banda base (ver la Figura 3.5).

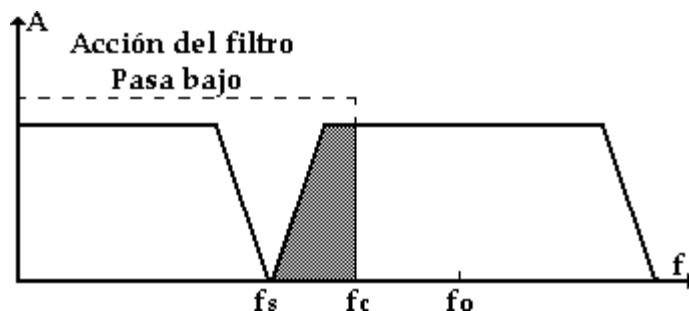


Figura 0.3. Cuando la frecuencia de corte del filtro PB es superior a $f_o - f_s$.

3.1.4. Cuantificación.

Así se denomina al proceso mediante el cual se atribuye a cada muestra un valor de amplitud dentro de un margen de niveles previamente fijado. Este valor se representa por un número que será convertido a un código de ceros y unos en el proceso de codificación.

El número de niveles de cuantificación está estrechamente relacionado con el número de bits n que son necesarios para decodificar una señal. En nuestro caso se usan 8 bits para codificar cada muestra, por lo tanto: se tienen $2^8 = 256$ niveles

Por razones de facilidad en los cálculos, el número de niveles se hace coincidir con una potencia de dos y los impulsos de la señal PAM se redondean al valor superior o inferior según sobrepasen o no la mitad del ancho del nivel en que se encuentran.

El error que se produjo con estas aproximaciones equivale a sumar una señal errónea a los valores exactos de las muestras, como se ve en la Figura 3.6.

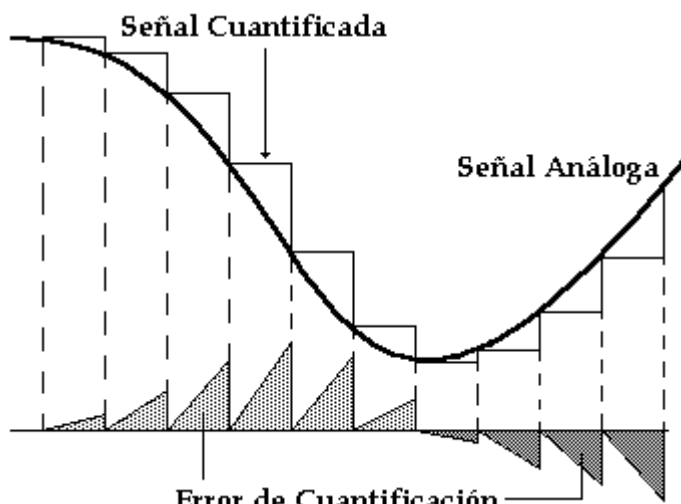


Figura 0.4. Error de cuantificación.

Esta señal errónea aparecerá en el proceso de recuperación después de la decodificación digital-análoga, en forma de ruido visible. Se habla así de "ruido de cuantificación" que

dependerá obviamente del número N de niveles empleados en el proceso. Cuantos más niveles existan menor será el ruido generado. La relación señal/ruido de cuantificación esta dada por la ecuación 3.1:

$$\frac{S}{C} = (20 \log N + 10.8)dB \quad \text{Ecuación 0.1}$$

de cuyo resultado se sacan las siguientes conclusiones:

- La relación señal/ruido de cuantificación depende únicamente del número de niveles N en que se subdivide la excursión completa de la señal.
- Existe un sumando constante 10.8 dB que tiene su origen en la misma definición de señal/ruido en televisión, donde se toma para la señal el valor pico a pico y para el ruido su valor eficaz.

Es evidente que usando codificación binaria resulta $N=2^m$, donde m =número de bits, por tanto:

$$\frac{S}{C} = (6m + 10.8)dB \quad \text{Ecuación 0.2}$$

La ecuación 3.2 es valida para la digitalización de una señal monocroma o para cada componente de color.

Se adoptaron 8 bits para la digitalización de la señal de video, por lo que al sustituir este valor en la ecuación 3.2 de relación señal/ruido de cuantificación queda como resultado:

$$\frac{S}{C} = 6(8) + 10.8 = 58.8dB$$

3.1.5. Codificación.

Después de ser cuantizada, la muestra de entrada, está limitada a 256 valores discretos. La mitad de estas son muestras codificadas positivas, la otra mitad son muestras codificadas negativas. Hay 256 niveles, así que son necesarios 8 bits para codificar todos los niveles. Cada combinación de 8 bits corresponde a un nivel. Para seleccionar cual combinación correspondería con cual nivel, existen diferentes posibilidades. Existen muchos códigos diferentes, pero los códigos más usados son: Código Natural y Código Simétrico.

3.1.5.1. Código Natural.

Usando el código natural, veremos que el nivel de señal más bajo (valor más negativo) corresponderá al código con el peso menor (00000000). De acuerdo al nivel de señal más alto (nivel más positivo) corresponderá al código con peso más alto (11111111).

3.1.5.2. Código Simétrico.

En este código, los 8 bits están divididos en 2 partes:

1 bit de signo y 7 bits de magnitud. El primer bit (bit de signo) corresponde al signo de la señal.

La codificación final de la señal de salida de un equipo depende de su aplicación. Puede usarse por ejemplo un código binario puro o un código de complemento a dos para aplicaciones locales. Pero cuando se trata de aplicaciones específicas, la codificación se convierte en un tema trascendente.

3.1.5.3. Formatos de codificación.

Dos planteamientos aparentemente contradictorios se mantienen aún hoy día acerca de la digitalización de la señal de televisión en color:

- La codificación de señales compuestas. Ver la Figura 3.7.
- La codificación de componentes. Ver la Figura 3.8.

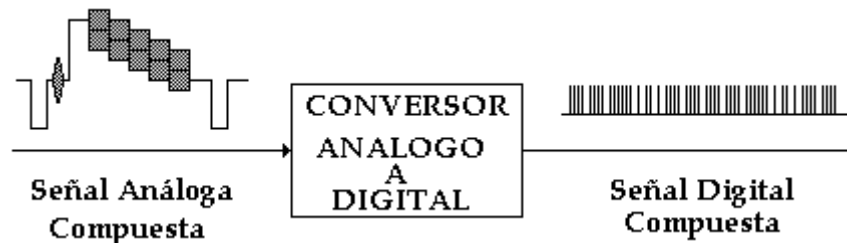


Figura 0.5 Codificación de la señal compuesta.

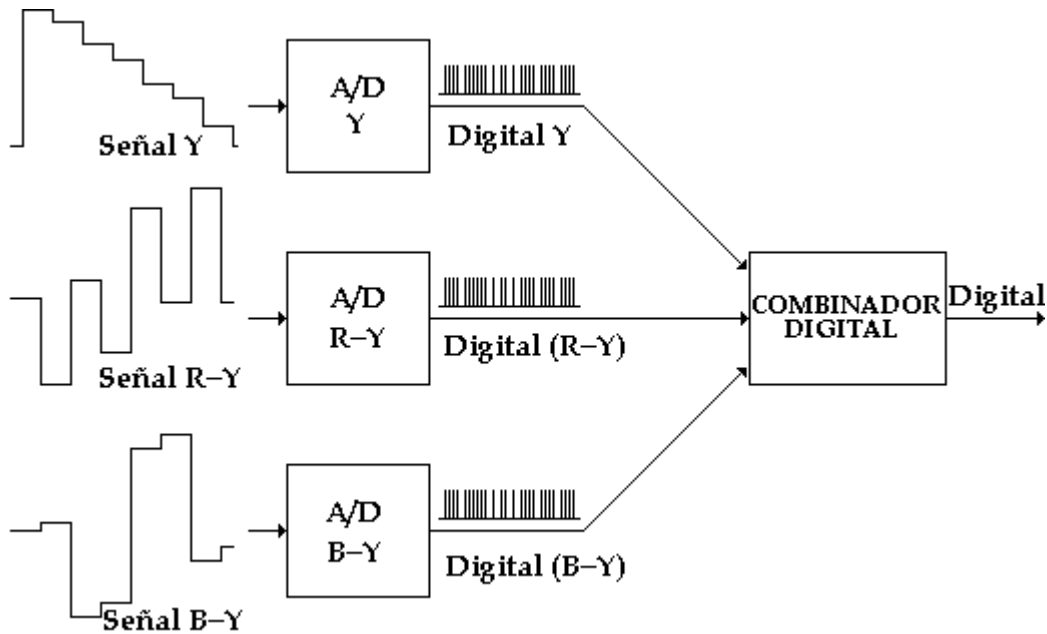


Figura 0.6 Codificación de componentes

3.1.5.4. Codificación de las señales compuestas.

Esta propuesta consiste en digitalizar directamente las señales compuestas existentes (NTSC, PAL, SECAM). Con ello persiste el problema de la incompatibilidad de las distintas normas internacionales, aun manteniendo la misma frecuencia de muestreo y codificación. La decodificación devolvería las señales NTSC, PAL o SECAM, respectivamente.

3.1.5.5. Codificación en componentes.

Por este método se digitalizan las tres señales Y , $K_1(R-Y)$, $K_2(B-Y)$ donde K_1 y K_2 son factores de ponderación que imponen el sistema digital. Estos factores no tienen los mismos valores que los coeficientes ponderados de NTSC, PAL o SECAM.

La primera y gran ventaja que se deriva de esta codificación es que siendo estas tres señales comunes a todos los sistemas, la compatibilidad puede alcanzarse por regulación internacional de los parámetros de muestreo, cuantificación y codificación. En tal sentido el CCIR (Comité Consultatif International des Radiocommunications o Comité Consultivo Internacional de Radio Comunicaciones) emitió en 1982 la norma 4:2:2 CCIR 601 de televisión digital en componentes.

La segunda ventaja de esta codificación es que una vez alcanzada la digitalización plena de la producción, sólo se requiere un paso final de conversión D/A y una codificación NTSC, PAL o SECAM según el sistema adoptado de transmisión.

3.1.6. La norma de video digital CCIR 601 o norma 4:2:2.

Esta norma define los parámetros básicos del sistema de televisión digital que aseguran la mayor compatibilidad mundial.

Se basa en una señal Y, Cr, Cb en el formato llamado 4:2:2 (4 muestreos Y por 2 muestreos Cr y 2 muestreos Cb), con una digitalización sobre 8 bits, con posibilidad de ampliarla a 10 bits para aplicaciones más exigentes.

Cualquiera que sea el estándar de barrido, la frecuencia de muestreo es de 13.5 MHz para la luminancia Y. Para las señales de crominancia Cr y Cb, dado su ancho de banda más limitado se muestrean a la mitad de la frecuencia de la luminancia, es decir, 6.75 MHz. Lo que se corresponde con una definición de 720 muestreos por línea en luminancia y de 360 muestreos por línea de crominancia, cuya posición coincide con la de los muestreos impares de luminancia. Ver la Figura 3.9.

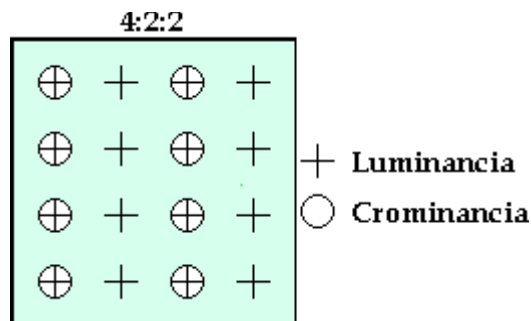


Figura 0.7 Posición de los muestreos en el formato 4:2:2.

Para esta frecuencia de muestreo, el número de muestras por línea es de 864 y 858 para la luminancia y de 432 y 429 para las diferencias de color (sistema de 625 y 525 líneas respectivamente).

La estructura de muestreo es ortogonal, consecuencia de que la frecuencia de muestreo es un múltiplo entero de la frecuencia de líneas.

Las muestras de las señales diferencias de color se hacen coincidir con las muestras impares de la luminancia, o sea 1ª, 3ª, 5ª, etc.

El número de bits/muestra es de 8, tanto para la luminancia como para las señales diferencias de color, lo que corresponde a 2^8 niveles = 256 niveles de cuantificación.

La luminancia utiliza 220 niveles a partir del 16 que corresponde al nivel de negro, hasta el 235 correspondiente al nivel de blanco. Se acepta una pequeña reserva del 10% para la eventualidad de que ocurran sobremodulaciones. Ver la Figura 3.10.

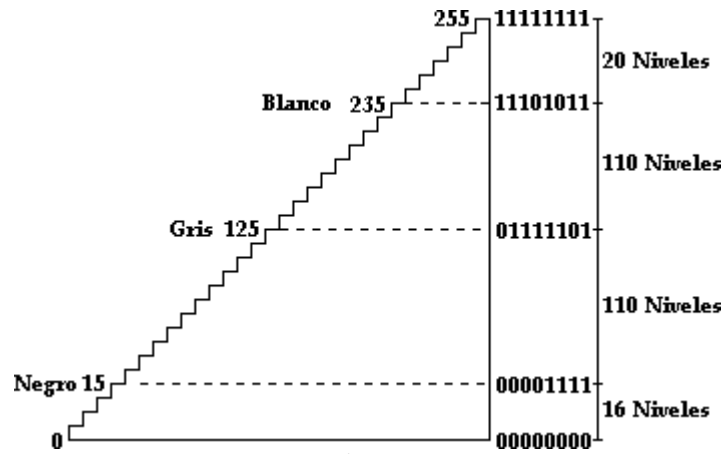


Figura 0.8 Cuantificación de la señal de luminancia

Para las señales diferencias de color se utilizan 224 niveles, que se reparten a ambos lados del cero análogo, que se hace corresponder con el número digital 128. Así pues, la señal variará entre los valores extremos $128 + 112 = 240$ y $128 - 112 = 16$, con una reserva de 16 niveles a ambos lados. Ver la Figura 3.11.

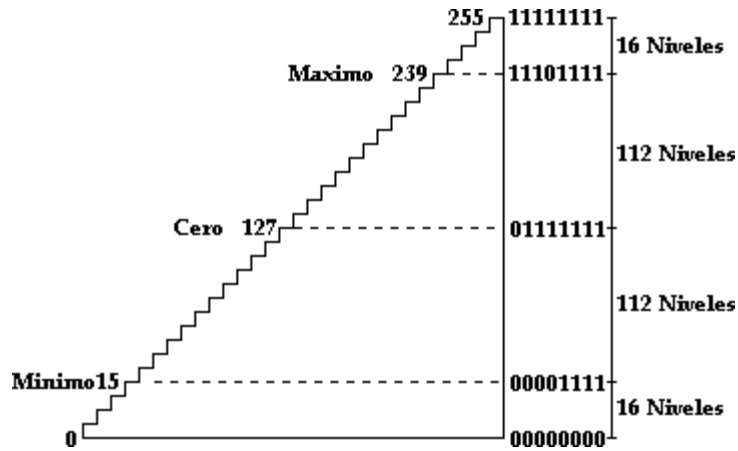


Figura 0.9 Cuantificación de la señal de crominancia.

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

El flujo bruto resultante es: $(13.5 \times 8) + (2 \times 6.75 \times 8) = 216 \text{ Mbit/s}$ (270 Mbit/s con 10 bits)
 Además, la digitalización de la parte útil de la señal de video solo requiere 166 Mbit/s, si se tiene en cuenta la inutilidad de digitalizar los intervalos de supresión del haz (también llamados "blanking") de línea y campo. Por tanto, estos tiempos libres pueden aprovecharse para transportar los canales de sonido digital, así como datos de servicio u otros.

A continuación se reproducen los parámetros básicos de la norma 4:2:2 CCIR 601 en la Tabla 3.1.

Tabla 0.1 Parámetros de la norma 4:2:2.

Parámetros	Sistemas	
	NTSC 525 líneas 60 campos	PAL/SECAM 625 líneas 50 campos
1. Señales codificadas	Y, Cr, Cb	
2. Número de muestras por línea completa Luminancia Crominancia	858 429	864 432
3. Estructura de muestreo	Ortogonal, estructura idéntica de todos los campos y cuadros. Las señales Cr y Cb se muestran simultáneamente con las muestras impares de la luminancia (1, 3, 5, etc.)	
4. Frecuencia de muestreo Luminancia Crominancia	13.5 MHz 6.75 MHz	
5. Codificación	Cuantificación lineal. Codificación con 8 bits por muestra para la luminancia y cada señal de crominancia.	
6. Número de muestras activas por líneas digital: Luminancia Crominancia	720 360	
7. Correspondencia entre los niveles de video y de cuantificación: Luminancia Crominancia	220 niveles de cuantificación. El nivel negro corresponde al número digital 16; el nivel nominal de blanco al número 235. 224 niveles de cuantificación en la parte central del margen de cuantificación. El nivel de video cero corresponde al número 128.	

3.2. Compresión de video.

La compresión de video surge de la necesidad de transmitir imágenes a través de un canal que contenga un ancho de banda aceptable. La digitalización de la señal de video se enfrenta a un gran problema en ese aspecto: su gran ancho de banda. El muestreo y la cuantificación de la señal produce como resultado una secuencia digital con una tasa de transferencia de información muy alta (100 Mbit/s para una señal de televisión PAL convencional), y que al modularse por alguna de las técnicas existentes acaba presentando un ancho de banda mucho mayor que el que tiene la señal original analógica modulada. Esto provocaba que hace años quedara limitado a sistemas de primer nivel, profesionales, donde la calidad es necesaria y se pueden resolver los costos de una forma sencilla. Pero gracias a los avances en los sistemas electrónicos se empezó a dar uso en los sistemas de segundo nivel, en los que la gran calidad subjetiva de la imagen no es tan relevante.

Por ello un objetivo básico es la reducción de la velocidad binaria de la señal de video digital, de forma que disminuyan sus necesidades espectrales y se posibilite su uso cuando es reducido. Esta reducción de velocidad se hace sin la disminución de la calidad subjetiva de la señal, es decir, la calidad de la secuencia de video según el espectador que la está contemplando. Hay que eliminar información de la secuencia de video sin afectar a su percepción. Esto es posible gracias a la redundancia de la señal de video, que se manifiesta de dos formas:

1. **Redundancia espacial:** Se produce por la existencia de una alta correlación entre puntos cercanos en una imagen, figura 3.12

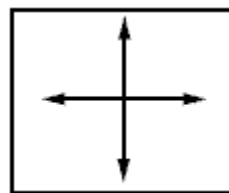


Figura 0.1
Redundancia espacial

2. **Redundancia temporal:** Es debida a las grandes similitudes que presentan, figura 3.13

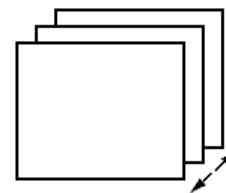


Figura 0.2
Redundancia temporal

La primera característica puede ser explotada tanto por los sistemas de codificación de video, como por los de imagen fija. La segunda es específica de la codificación de secuencias de video.

La compresión alcanzada por un sistema determinado puede medirse en bits por píxel (bit/píxel), es decir, los bits necesarios para codificar un punto de la imagen. Para ello basta

medir los bits empleados en una imagen y dividirlos por el número de puntos de que consta. Cualquier sistema que logre reducir esta relación consigue comprimir el video. La codificación puede ser reversible (sin pérdidas) o irreversible (con pérdidas).

3.2.1. Compresión sin pérdidas.

Al tipo de esquema de compresión donde los datos comprimidos se descomprimen a su forma original exacta se llama compresión sin pérdidas. Está desprovisto de pérdidas, o degradaciones, de los datos.

Se han desarrollado una variedad de esquemas de compresión de imágenes sin pérdidas. Muchas de estas técnicas vienen directamente del mundo de compresión de datos digital y se han adaptado meramente para el uso con datos de la imagen digitales

3.2.2. Compresión con pérdidas.

Todas las formas de compresión de imágenes con pérdidas involucran la eliminación de datos de la imagen. Sin embargo, la imagen primero se transforma a otra, y entonces se suprimen partes de ella. Los métodos de transformar y suprimir datos de la imagen son lo que distingue los diferentes esquemas de compresión de imágenes con pérdidas.

La gran ventaja de los esquemas de compresión con pérdidas es la característica que tienen de comprimir una imagen con un factor de compresión más alto que los esquemas de compresión sin pérdidas. Este factor de compresión puede ser de 10:1 sin degradaciones visuales notables, y además se pueden alcanzar factores de compresión mayores de 100:1 con degradaciones visuales. Se han desarrollado muchos esquemas de compresión de imágenes con pérdidas. Generalmente, cada uno cumple con los requisitos de calidad de una aplicación específica.

3.2.3. Técnicas usadas en la codificación digital de video.

Existen multitud de métodos para la compresión de una señal digital de video. Para su enumeración pueden dividirse en dos grandes grupos, según su objetivo sea la reducción de redundancia espacial o temporal. Por supuesto que en un sistema es posible combinar varias técnicas. Los métodos más empleados para la codificación son:

Codificación intracuarto

Codificación de transformadas.

Codificación interpolativa.

Codificación íntercuarto.

3.2.4. Compresión de video en el estándar MPEG.

En el año de 1990, la ISO, preocupada por la necesidad de almacenar y reproducir imágenes de video digitales y su sonido estereofónico correspondiente, creó un grupo de expertos que llamó MPEG (Moving Pictures Expert Group) procedentes de aquellas áreas implicadas en el problema (telecomunicaciones, informática, electrónica, radio difusión, etc.).

El primer trabajo de este grupo se conoció como la norma ISO/IEC 11172, mejor conocida como MPEG-1, en el año 1992. La idea inicial era la de permitir el almacenamiento y reproducción en soporte CD-ROM con un flujo de transmisión de datos del orden de 1,5 Mbits/s, transportando tanto imagen como sonido.

El estándar MPEG además de aprovechar la redundancia espacial intrínseca de una imagen fija utilizada en la codificación JPEG, aprovecha la redundancia temporal que aparece en la codificación de imágenes animadas, permitiendo encontrar similitudes entre las imágenes sucesivas de video.

Debido a que la calidad en la compresión de video en el estándar MPEG-1 era de baja calidad y no servía para otras aplicaciones, se creó la norma ISO/IEC 13818, mucho más conocida con el nombre de MPEG-2. Esta norma permite un flujo de transmisión hasta el orden de los 20 Mbits/s, transportando tanto imagen como sonido. Norma que se utilizaría en la televisión de alta definición.

3.2.4.1. MPEG-1.

La calidad del vídeo comprimido mediante MPEG-1 con una tasa binaria de 1.2 Mbit/s se puede comparar con la obtenida por una grabadora de video comercial VHS. El principal objetivo buscado por MPEG-1 es conseguir un algoritmo genérico, es decir, independientemente de la aplicación.

En realidad, el estándar MPEG-1 se compone de tres partes: La sección de video (ISO11172-2), la sección de audio (ISO 11172-3), y la sección del sistema (ISO 11172-1),

que se ocupa de la sincronización y multiplexación de las dos anteriores, y de la regulación del conjunto.

La señal de video de entrada al codificador puede tener una gran variedad de formatos. Básicamente se trata de una sucesión de cuadros de vídeo digital por componentes (Y,u,v). El formato es “no entrelazado”; cualquier fuente de video entrelazado debe convertirse primero antes de poder ser codificada.

La proporción luminancia-crominancia sigue la regla “4:1:1”. Un cuadro de luminancia tiene el doble de puntos tanto en longitud como en altura que cualquiera de los dos de crominancia. Por lo tanto la crominancia está submuestreada a la mitad respecto de la recomendación CCCIR 601 (que es “4:2:2”).

Tanto el Tamaño de la imagen como de la frecuencia de cuadro son variables. Existe un conjunto de límites de esos valores que forman un subconjunto del margen total posible (tabla 3.2). Cuando se usan, producen una “secuencia con parámetros limitados”, que permite una mayor estandarización de los equipos.

Tabla 0.1 Límites para tamaño y frecuencia en MPEG-1

Tamaño horizontal	720 puntos
Tamaño vertical	756 puntos
Macrobloques por cuadro	396
Macrobloques por segundo	$396 \times 25 = 330 \times 30$
Frecuencia de cuadro	30 cuadros / s
Tasa binaria	1.86 Mbits/s
Buffer del decodificador	376832 bit

Un codificador MPEG-1 podría definirse como “un sistema de codificación de una señal digital de video por componentes, con codificación híbrida, formada por codificación de transformada intracuadro y codificación diferencial con compensación de movimiento intercuardro, que utiliza códigos de longitud variable y códigos de valor-repetición, y utiliza un control de buffer para mantener una tasa binaria constante”

3.2.5. "H.261"

La recomendación H.261 de ITU-T (antiguo CCITT) es un hito importante en la codificación de video. Es el primer método de codificación digital de secuencias establecido por dicho organismo internacional, y en su elaboración se utilizaron los algoritmos más eficientes, manteniendo una arquitectura con posibilidades de construcción hardware.

El algoritmo utilizado en H.261 es la codificación híbrida predictiva. Como predicción se utiliza el cuadro anterior, y como transformada la del coseno. Además usa codificación estadística y códigos de valor-repetición.

La contribución de H.261 al estándar MPEG-1 ha sido de gran importancia, de tal forma que los miembros de MPEG han intentado mantener la mayor compatibilidad posible con H.261, introduciendo cambios sólo donde era necesario. MPEG-1, por tanto, guarda gran similitud con H.261, aunque no es exactamente una ampliación y por tanto no resulta totalmente compatible.

3.3. El estándar MPEG-2.

MPEG-2 puede describirse como una "caja de herramientas" de compresión más compleja que MPEG-1, por lo tanto, también puede ser considerada como una unidad superior: en efecto, toma todas las herramientas anteriores y le añade otras. Además, la norma prevé la compatibilidad ascendente, lo que significa que un decodificador MPEG-2 deberá decodificar trenes binarios elementales de la norma MPEG-1.

3.3.1. Perfiles y niveles MPEG-2.

MPEG-2 se puede utilizar en un vasto rango de aplicaciones, requiriendo diferentes grados de complejidad y desempeño.

Para un propósito práctico el estándar MPEG-2 es dividido en perfiles y cada perfil es subdividido en niveles (Ver Tabla 3.3). Un perfil es básicamente el grado de complejidad esperada en la codificación, mientras que un nivel describe el tamaño de la imagen, la resolución de esta o la velocidad de transferencia de bits usada en ese perfil.

Tabla 0.1 Perfiles y niveles para MPEG-2

		PERFILES					
		Simple	Principal	4:2:0	SNR	Espacial	Alto
N I V E L E S	Alto		4:2:0 1920 x 1152 80Mb/s				4:2:0 ó 4:2:2 1920 x 1152 100Mb/s
	Alto 1440		4:2:0 1440 x 1152 60Mb/s			4:2:0 1440 x 1152 60Mb/s	4:2:0 ó 4:2:2 1440 x 1152 80Mb/s
	Principal	4:2:0 720 x 576 15Mb/s Sin B	4:2:0 750 x 576 15Mb/s	4:2:2 750 x 608 50Mb /s	4:2:0 720 x 576 15Mb/s		4:2:0 ó 4:2:2 720 x 576 20Mb/s
	Bajo		4:2:0 352 x 288 4Mb/s		4:2:0 352 x 288 4Mb/s		

Un perfil simple no soporta una codificación bidireccional. Esto reduce la tasa de compresión simplificando el codificador y el decodificador; permitiendo un sencillo hardware. Un perfil simple solamente está definido en el nivel main (principal). El perfil main (principal) corresponde actualmente al mejor compromiso entre calidad / tasa de compresión.

3.3.2. Empaquetado y flujo de datos.

3.3.2.1. Multiplexado de las señales.

Los codificadores de audio y video proporcionan a su salida los trenes elementales de datos (Elementary Streams, ES) que constituyen la capa de compresión (compresión layer).

Cada tren elemental se compone de unidades de acceso (Access Units, AU), que son las representaciones codificadas de las unidades de presentación (Presentation Units, PU), es decir, las imágenes o tramas de sonido decodificadas dependiendo si se trata de video o audio.

Estos trenes de datos, así como eventualmente otros datos llamados "privados", deben ser combinados de forma ordenada y ampliados con información diversa que permita al decodificador separarlos y garantizar la sincronización de la imagen y el sonido en la reproducción.

3.3.2.2. Multiplexado de las Señales MPEG2.

Los trenes elementales (ES) están organizados en paquetes para formar los Packetized Elementary Streams (PES) de video, audio y datos privados; los paquetes PES empiezan por una cabecera de paquete, cuyo formato se describe con la ayuda de la Figura 3.14 y la tabla 3.4.

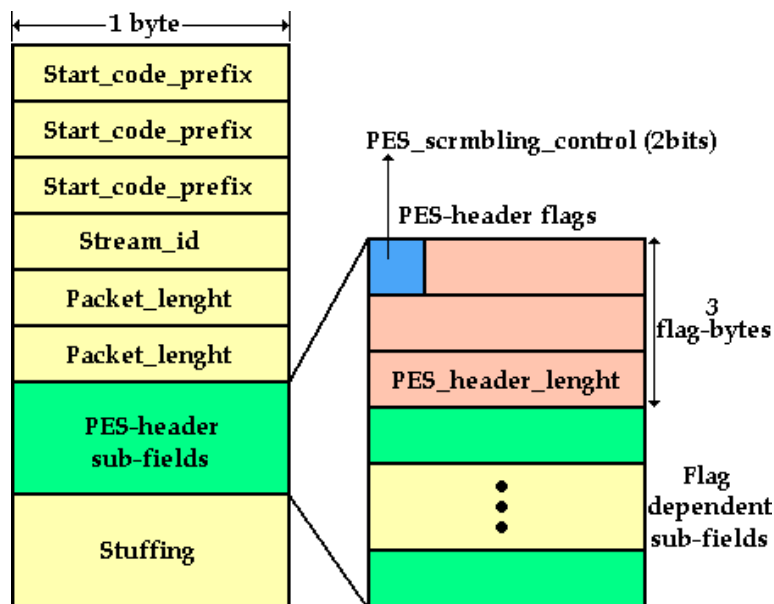


Figura 0.1 Cabecera de un PES MPEG-2

Tabla 0.2 Estructura de la cabecera del paquete MPEG-2.

Campo	Definición	Nº de bits
Start_code_prefix	código de inicio (00 00 01 hex)	24
string_id	Identificación del PES	8

packet_length	longitud del PES	16
PES_scrambling_control	define si hay cifrado y su palabra de control	2
flags	marcadores diversos	14
PES_header_length	longitud de la parte restante de cabecera del PES (x+y)	8
PES_header_subfields	campo variable que depende de los flags	x bytes
stuffing	relleno	y bytes

La parte "sistema" de MPEG-2 (ISO/IEC 13818-1), que define la organización del multiplexado MPEG-2, prevé dos maneras diferentes de multiplexar estos PES para formar dos tipos de trenes, dependiendo de la aplicación a la cual esté enfocada, como se ilustra en la Figura 3.15.

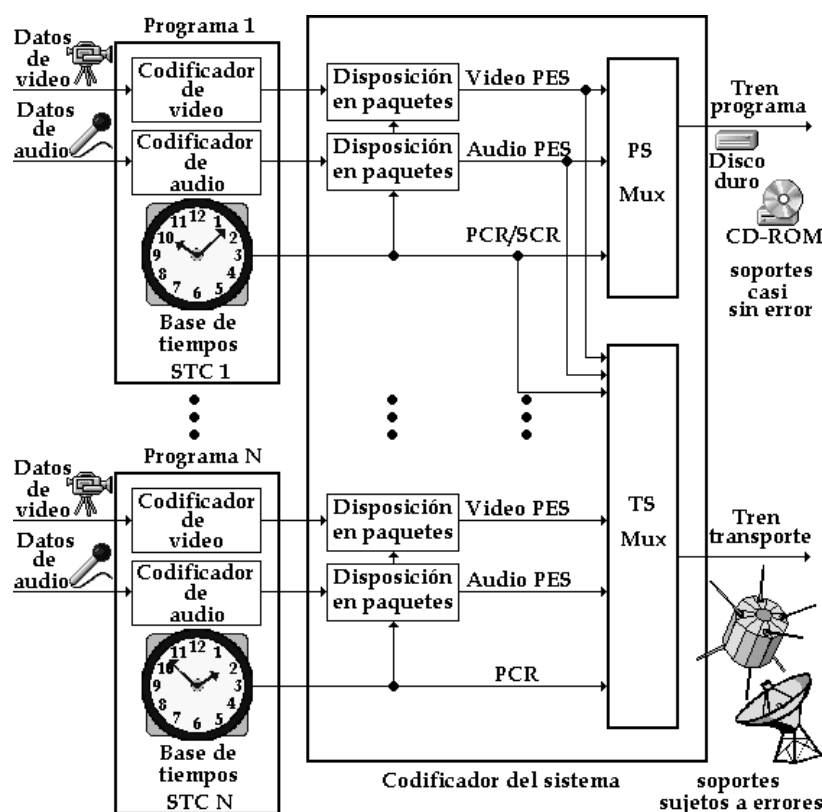


Figura 0.2 Esquema conceptual de la generación de trenes de programa y transporte MPEG-2.

3.3.2.2.1. Tren de programa (*Program Stream*).

El tren "programa" de MPEG-2 se crea a partir de uno o varias PES que deben obligatoriamente compartir el mismo reloj de referencia.

Este tipo de tren esta destinado a aplicaciones donde el dispositivo de almacenamiento o de transmisión sea susceptible de introducir muy pocos errores (error free medium), como es el caso, por ejemplo, de las aplicaciones multimedia en CD-ROM o disco duro. Aquí, estos paquetes pueden ser relativamente largos (por ejemplo, 2.048 bytes) y dado que está organizada de manera similar a un tren "sistema" MPEG-1, no se entrará en detalles.

Este tipo de multiplexado es el que se utilice para el video MPEG-2 en el futuro Video Disco Digital o Digital Video Disk (DVD).

3.3.2.2.2. Tren de transporte (*Transport stream*).

El tren transporte de MPEG-2 está principalmente destinado al transporte de programas de televisión a larga distancia sobre soportes o en medios susceptibles de introducir un índice de errores bastante elevado; la longitud de los paquetes debe ser relativamente corta para permitir la introducción de los dispositivos de corrección de errores eficaces.

La longitud de los paquetes transporte de MPEG-2 han sido fijada, por tanto, en 188 bytes, valor reservado especialmente para las emisiones vía satélite, cable o terrestres de la norma europea DVB.

Este tipo de tren está destinado a combinar varios programas que no compartan forzosamente el mismo reloj de sistema (STC) en el interior de un mismo multiplexor.

Los diferentes PES (video, audio, etc.) que forman un programa dado, deben sin embargo compartir el mismo reloj con el fin de poder ser sincronizados por el decodificador.

La Figura 3.16 ilustra el proceso de creación de un tren de transporte MPEG-2, del que se va a detallar ahora su constitución.

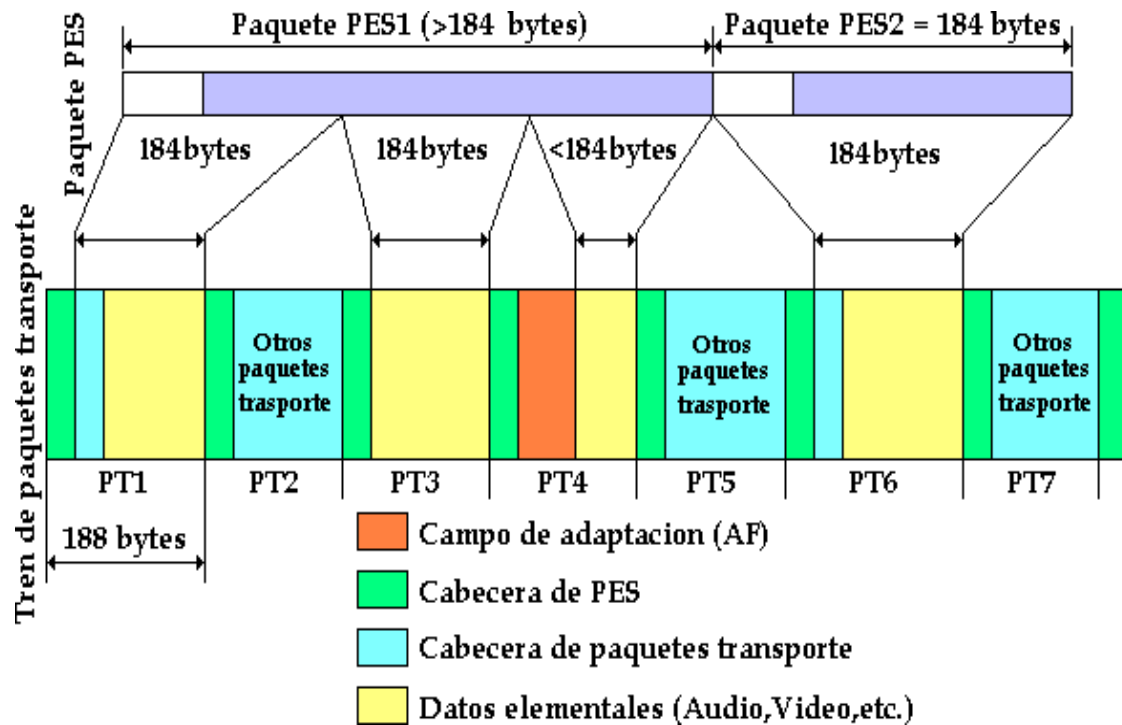


Figura 0.3 Creación de un tren Transporte MPEG-2 a partir de los PES que lo componen.

2.7.5. Constitución del paquete de transporte MPEG-2.

Un paquete "transporte" de 188 bytes se compone de una cabecera de paquete (packet header), de 4 bytes y de una "carga útil" (payload) de 184 bytes como máximo, eventualmente precedida de un campo de adaptación (adaptation field), como se muestra en la Figura 3.17. La "carga útil" está formada por paquetes de trenes elementales (Packetized Elementary Stream, PES) que componen los programas de televisión transmitidos por el canal, así como cierto número de datos auxiliares que permiten al codificador no perderse por el tren de transporte MPEG-2.

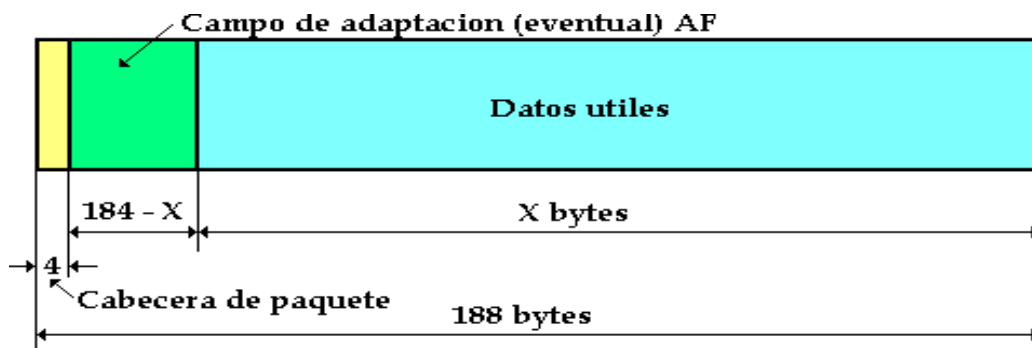


Figura 0.4 Constitución del paquete de transporte

3.4. Transmisores y receptores para TV digital.

Como la televisión de alta definición se transmite digitalmente, permite enviar una señal prácticamente sin interferencias. Las estaciones de televisión podrán ofrecer una transmisión de imágenes y sonido digital (Dolby) con calidad de cine, junto con varias características mejoradas.

La televisión digital es una tecnología más flexible y eficiente que el sistema analógico actual. En el mismo ancho de banda en que una televisora proporciona un canal de programación analógico, puede proporcionar un programa de alta definición (HDTV, por sus siglas en inglés) o varios programas de definición estándar simultáneamente. Se llama multitransmisión (multicasting en inglés) al flujo de varios programas en un solo canal de transmisión. El número de programas que una estación puede enviar en un solo canal digital depende del nivel de detalle de la imagen, también conocido como resolución que se desea para cada flujo de programación. Una estación de televisión también puede usar la DTV para proporcionar servicios de interactividad y transmisión de datos que no son posibles de lograr con la tecnología analógica.

La HDTV es un tipo de servicio de DTV. La HDTV proporciona programación de alta resolución en un formato de pantalla ancha. Una imagen normal de TV analógica está integrada por 480 líneas horizontales y una imagen de HDTV por 1080 líneas que permiten una resolución impresionante de la imagen. Los programas de la HDTV pueden incluir sonido digital Dolby.

Para recibir las señales remotas de televisión digital se requiere una antena y un receptor especial que pueda decodificar las señales digitales. En general, una antena que tenga una recepción de calidad de las señales remotas analógicas de TV servirá para recibir las señales digitales.

Para otro caso, los proveedores de señales de TV vía satélite y algunos sistemas de transmisión por cable ofrecen programas para TV digital. Los abonados al servicio de televisión por satélite (DBS, por sus siglas en inglés) o cable necesitan un nuevo receptor para DTV y equipo adicional especial para recibir la programación digital. Para el caso de televisión por satélite es necesaria una antena parabólica.

3.4.1. El transmisor.

La figura 3.18 es un diagrama a bloques para un transmisor digital OTA (over the air, a través del aire), es decir emplea ondas electromagnéticas.

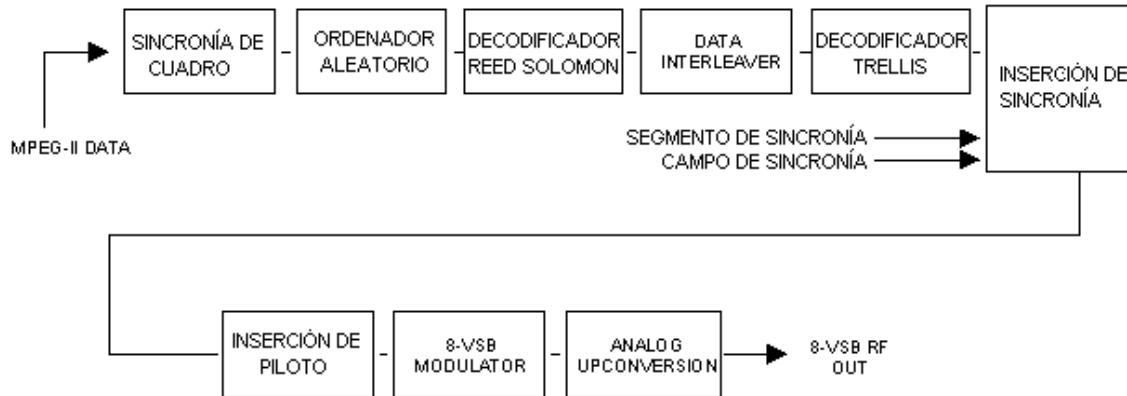


Figura 0.1 Transmisor digital

Las etapas del transmisor para Televisión digital se enlistan a continuación:

3.4.1.1. Sincronía de cuadro.

La señal HDTV entra al sincronizador de cuadros el cual alinea la secuencia de datos en bytes. Esta cadena alimentada la cual consta de 19.39Mbps está compuesta por 188 bytes que incluyen 1 byte de sincronía y 187 bytes de data que representan la parte útil de la carga.

3.4.1.2. Aleatorizador de datos.

Esta cadena pasa a un aleatorizador de datos el cual asegura que los valores constantes de datos no existan en la cadena. Esto se hace para que no haya uniformidad en el espectro causando interferencia por parte de la transmisión en los demás canales.

3.4.1.3. Codificador REED-SOLOMON.

Es una etapa de corrección de errores. Esta etapa toma los 187 bytes de un paquete de datos MPEG 2 y los manipula matemáticamente creando luego un octeto digital el cual posee ahora 20 bytes adicionales los cuales son conocidos como bytes de paridad Reed–Solomon.

3.4.1.4. Desorden de datos.

El intercalado de datos (data interleaver) corrige futuros errores al originar ráfagas. El proceso de codificación de trellis, incrementa la señal de entrada doblando los valores de datos. Cada bloque de 208 bytes es convertida en 832 palabras de 2 bits.

3.4.1.5. Sincronización e inserción de señal piloto.

El siguiente paso dentro de la cadena del procesamiento de la señal es la inserción de varias señales que ayudan al receptor a localizar y demodular con precisión la señal de RF transmitida. Estas son la señal piloto, segmento de sincronía y campo de sincronización. La señal piloto y la señal de sincronía se insertan después de las etapas de aleatorización y codificación de errores pero sin destruir las relaciones de tiempo y amplitud que estas señales deben poseer para ser eficaz.

8-VSB emplea una señal de sincronía que permite al receptor engancharse a la señal entrante y empezar a decodificar, incluso en la presencia niveles de ruido altos.

La señal piloto. Simplemente antes de la modulación, una pequeña CD es aplicada a la señal banda base 8-VSB (la cual esta centrada en cero volts sin la componente de CD) Esto causa que aparezca una portadora pequeña residual en cero. Esto le da a los circuitos de PLL de RF del receptor algo que enganchar siendo independiente de la transmisión de datos. La señal piloto de ATSC consume sólo 0.3 dB o 7% de la potencia transmitida.

Las otras señales de ayuda, son las señales ATSC de segmento de sincronía y campo de sincronía. En ATSC un segmento de datos comprende 207 bytes entrelazado en un paquete de datos. Después del codificador Trellis, nuestro segmento de datos de 207 bytes ha sido expandido fuera del flujo de la banda base de 828 símbolos de 8 niveles. El segmento de sincronía es un pulso de 4 símbolos que se agrega al inicio de cada segmento de datos y remplazan los primeros bytes (paquete de sincronización) del paquete original de MPEG2. El segmento de sincronización aparece cada 832 símbolos y siempre toma la forma de un pulso positivo-negativo-positivo variando entre niveles de +5 y -5

En la recepción la señal de sincronización es usada para regenerar el sistema de reloj y muestrear la señal recibida. Debido a su frecuencia alta en la recepción, el nivel de señal balanceado y la larga duración el segmento de sincronía es fácil de detectar. Como

resultado, se tiene una precisa recuperación de la señal de reloj aun con la presencia de ruido e interferencia. Este robusto sistema de sincronización junto con la señal piloto ATSC permite al receptor rápidamente engancharse a la señal luego de los cambios de canal y después de otras condiciones transitorias.

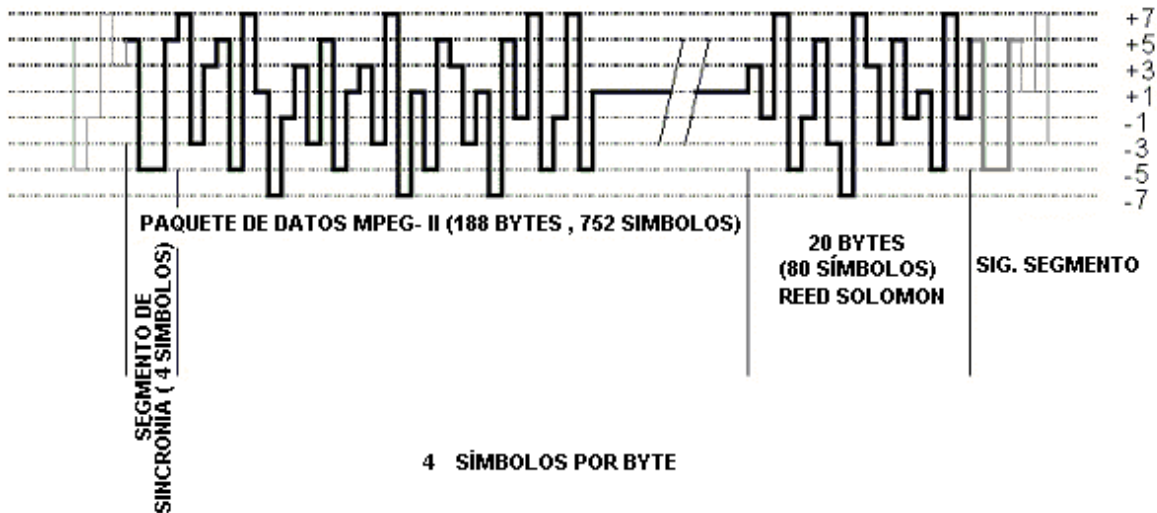


Figura 0.2 Segmento de datos ATSC en banda base

Un segmento de sincronización ATSC dura 0.37 milisegundos. El segmento de datos ATSC dura 77.3 milisegundos figura 3.19. Un campo de datos se hace a partir de 313 segmentos de datos consecutivos. La figura 3.20 muestra un campo de datos ATSC. Un campo de sincronización ATSC es un segmento de datos entero que es repetido una vez por campo (24.2 milisegundos) El campo de sincronización ATSC tiene un patrón de símbolos de pulsos positivo-negativo y es usado por el receptor para eliminar señales fantasmas causadas por una pobre recepción. Esto es ocasionado por la comparación entre el campo de sincronía con errores recibidos contra el campo de sincronía conocido antes de la transmisión. Los vectores de error resultantes se usan para ajustar el receptor y eliminar los fantasmas. Como el segmento de sincronización, el nivel de señal balanceado y la naturaleza repetitiva son características presentes en los campos de sincronización se tiene una satisfactoria recepción a pesar de los niveles de ruido e interferencia.

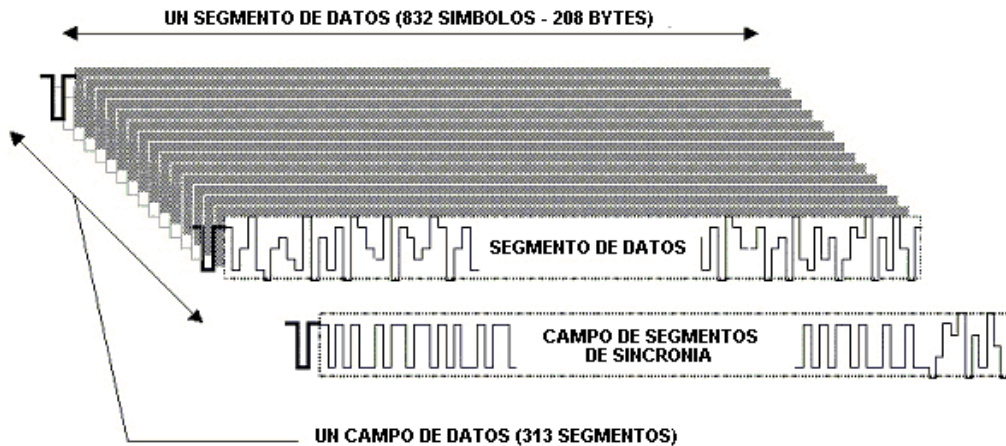


Figura 0.3 Campo de datos ATSC en banda base.

3.4.1.6. Modulación 8 – VSB.

Recibe este nombre ya que el sistema de modulación es el denominado 8-VSB (8 Level - Vestigial Side Band) que sería banda lateral vestigial modulada a 8 niveles. 8-VSB es un formato estándar de modulación de radiofrecuencia (RF) seleccionado por el Comité de Sistemas de Televisión Avanzada (ATSC) para la transmisión de televisión digital para los abonados en los Estados Unidos y otros países. En Estados Unidos, este estándar está especificado por la Comisión Federal de Comunicaciones (FCC) para la transmisión de televisión digital. Nuestra señal en banda base ya con la inserción de sincronía y la componente de CD piloto, es entonces modulada en amplitud en una frecuencia portadora intermedia (IF) Esto origina dos bandas laterales sobre la frecuencia portadora. Esto se muestra en la figura 3.21. Pero el ancho de banda ocupado por esta señal de frecuencia intermedia es demasiado ancha para ser transmitida en el canal asignado de 6Mhz. Afortunadamente se puede filtrar sin destruir la información.

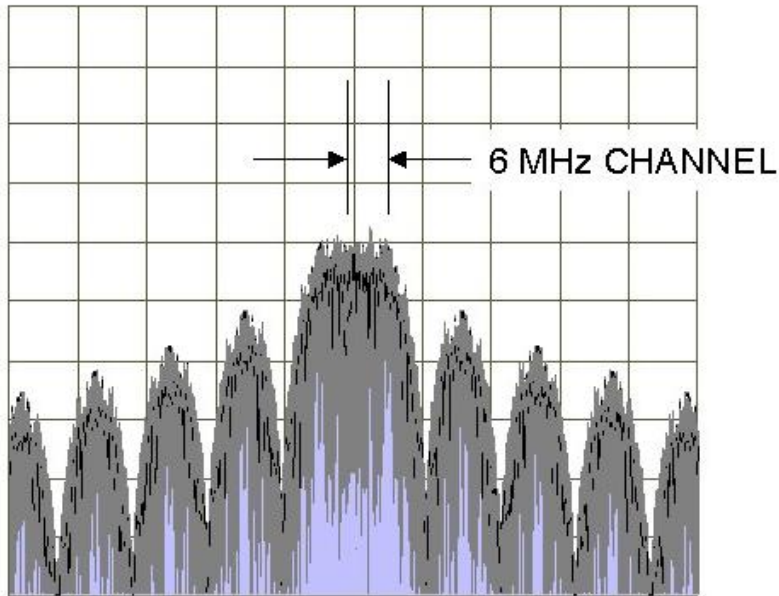


Figura 0.4 Espectro de doble banda lateral creado por la modulación AM.

Una simple inspección en la figura 3.21 revela el alto grado de redundancia en el espectro de doble banda lateral. Las varias bandas laterales son copias a escala del espectro central, y la banda lateral entera más baja al final no es más que un reflejo de la banda lateral más grande. Esto nos permite desechar las bandas laterales más bajas. La señal restante (la mitad superior al centro) puede cortarse más allá por la mitad.

3.4.1.7. Etapas de RF.

La frecuencia intermedia es convertida a un canal en la banda de VHF o UHF a través de una etapa de circuitos Oscilador – Mezclador – Filtro. La señal de RF es después amplificada por el transmisor de potencia, el último punto en el transmisor es la antena.

3.4.2. Receptor.

El ATSC no especifica requerimientos para los receptores. Sin embargo, el FCC ha dado una recomendación especificando que todos los receptores deben ser capaces de decodificar el audio, video y señales auxiliares especificadas en los documentos estándares del ATSC. La funcionalidad de recibir múltiples servicios puede ser implementada con receptores o adaptadores set-top para convertir señales digitales ATSC a señales análogas NTSC o señales S-Video.

El receptor (figura 3.22) ATSC invierte las funciones de la transmisión RF y luego de descomprimir y decodificar, genera video y audio conforme al formato de la pantalla y las condiciones de audio escogidas.

3.4.2.1. Características del receptor de video.

Para simplificar diseños, los receptores de TV no despliegan formatos diferentes. Pueden construirse de acuerdo a su formato nativo que puedes ser 1920X1080, 1280X720 o 720X480. Estudios revelan que para poder presentar una imagen HDTV es necesario tener una pantalla de más de 28 pulgadas.

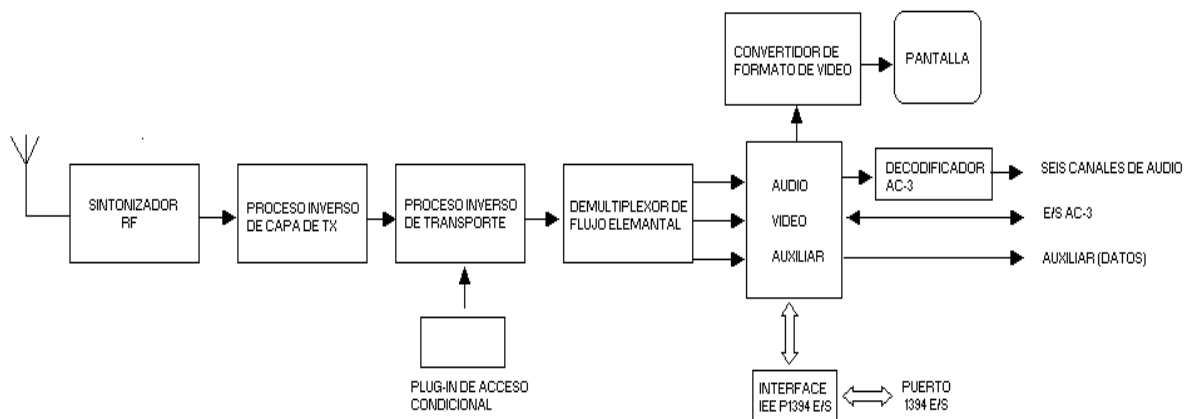


Figura 0.5 Receptor de televisión digital

CAPITULO 4 LA TELEVISIÓN DE ALTA DEFINICIÓN HDTV

4.1 TELEVISIÓN DE ALTA DEFINICIÓN (HDTV)

4.1.1 LA TELEVISIÓN DE ALTA DEFINICIÓN ANALÓGICA.

La televisión de Alta definición analógica, tuvo sus orígenes en Japón en 1968. La NHK (televisión japonesa), comenzó en ese año los estudios para desarrollar un sistema de televisión de Alta Definición, que no fuera compatible con los sistemas convencionales. Estos desarrollos fueron dirigidos por el Dr. Takashi Fujio.



Figura 3.1. Dr. Takashi Fujio.

En 1970 finalizó el proyecto y las pruebas de este nuevo sistema. Este fue el primer desarrollo de la Televisión de Alta Definición analógica. Los parámetros principales de este nuevo sistema eran: 1125 líneas / 60 Hz, un ancho de banda en luminancia de 30 MHz y 15 MHz para cada una de las señales diferencia de color. La relación de aspecto empleada en un principio era de 5:3.

En el año de 1974, el Comité Consultivo Internacional de Radio (CCIR), organismo dependiente de la Unión Internacional de Telecomunicaciones (UIT), nombro en Europa una comisión denominada Grupo 11. Este tenía la misión de elaborar un estándar de HDTV. Varios subgrupos de trabajo conformaban este grupo, donde cada uno de ellos tenía asignadas distintas tareas. Una de las comisiones debía efectuar el estudio para implementar la norma HDTV, otra comisión debía encargarse de elaborar normas de Televisión Digital y así sucesivamente.

En 1977 en Estados Unidos, la Sociedad de Ingenieros de Televisión para Imágenes en Movimiento (SMPTE), formo un grupo de trabajo para la elaboración de una norma de HDTV.

Durante el año 1980 este grupo propuso una norma con 1100 líneas, barrido entrelazado y una frecuencia de campo de 60 Hz. En 1981, la NHK de Japón comenzaba a efectuar demostraciones por todo el mundo del nuevo sistema de HDTV.

En el año de 1985 el CCIR propuso un estándar único de HDTV. Los parámetros básicos del mismo eran: 1125 líneas, una relación de aspecto de 5:3 y barrido entrelazado 2:1. Sin embargo, Europa no accedió a esta norma, debido a la conversión de frecuencia de 50 a 60 Hz que debían realizar.

En la tabla 3.1 se analizan las características básicas de este estándar, que había solicitado por Estados Unidos, Canadá y Japón.

Sistema 1125/60	Documento 11.283/3
Tipo de barrido	2:1 (entrelazado)
Número total de líneas / cuadro	1125
Número total de líneas / campo	562.5
Número de líneas activas / cuadro	1035
Número de cuadros / segundo	30
Número de campos / segundo	60
Frecuencia Horizontal	$30 \times 1125 = 33,750 \text{ Hz}$

Tabla 3.1. Parámetros de barrido del estándar 1125/60.

En 1986 surgió en Europa el proyecto Eureka. Este, preveía la fabricación de los equipos de estudio y transmisión, para el desarrollo del sistema europeo de HDTV analógica. Se tenía previsto utilizar Multiplexación de Componente Analógicos (MAC), para la transmisión directa por satélite.

En 1987 varios países de Europa, mediante el documento 11.297, solicitaron al CCIR un sistema de HDTV. El mismo se basaba en 1250 líneas y barrido progresivo. En la tabla 3.2 se muestran los parámetros básicos de este sistema.

Sistema 1250/50	Documento 11.297
Tipo de barrido	1:1 (progresivo)
Número total de líneas / campo	1250
Número de líneas activas / campo	1152
Número de campos / segundo	50
Frecuencia Horizontal	$50 \times 1250 = 62,500 \text{ Hz}$

Tabla 3.2. Parámetros de barrido para el sistema 1250/50.

En 1988 surgió un nuevo proyecto, derivado del anterior, HDTV digital. Se trataba del proyecto Eureka 256, que estaba orientado a la reducción de información de las altas velocidades binarias, que poseía la señal digital de HDTV.

A fin de facilitar el intercambio internacional de programa, en 1994 el SMPTE propuso un estándar único en el mundo. Este preveía utilizar 1080 líneas activas con barrido entrelazado o progresivo. Esta propuesta se muestra en la tabla 3.3.

Sistema 1080/50 – 1080/60	
Tipo de barrido utilizado	2:1 (entrelazado)
Número total de líneas / cuadro	1125
Número total de líneas /campo	562.5
Número de líneas activas / cuadro	1080
Número de cuadros / segundo	25 / 29.97 / 30
Número de campos / segundo	50 / 59.94 / 60
Frecuencia horizontal	$25 \times 1125 = 28, 125 \text{ Hz}$ $29.97 \times 1125 = 33, 716.25 \text{ Hz}$ $30 \times 1125 = 33, 750 \text{ Hz}$
Nota: Esta propuesta también contemplaba barrido 1:1 (progresivo). Por simplicidad, solo se indican los parámetros para barrido entrelazado	

Tabla 3.3. Estándar único propuesto por el SMPTE en 1994.

4.1.2 LA RELACIÓN DE ASPECTO 16:9

La relación de aspecto 16:9 surge con el desarrollo de la Televisión de Alta Definición. Esta relación le da a la imagen una mayor realidad de presencia.

En la siguiente figura podemos observar los distintos tamaños de pantallas utilizados en cine y en televisión. En este caso, vemos que la relación de aspecto 16:9 utilizada en HDTV, se asemeja a la relación utilizada en el cine de pantalla ancha.

No olvidemos que hoy día, la relación 16:9 también se utiliza en Televisión Digital Estándar (SDTV). La señal digital SDI de 270 Mbps, es una señal con una estructura 4:2:2/10 bits, con una frecuencia de muestreo del canal de luminancia de 13.5 MHz y una frecuencia de muestreo de cada una de las señales de diferencia de color de 6.75 MHz. Esta señal puede tener una relación de aspecto de 4:3 ó de 16:9.

Sin embargo, la verdadera relación 16:9 en Televisión Digital Estándar, corresponde a una señal de 360 Mbps/4:2:2. En este caso, la señal de luminancia (Y) es muestreada a 18MHz y cada una de las señales diferencia de color (Cb y Cr), son muestreadas a 9MHz cada una.

La relación de aspecto de 16:9 fue elegida por ser compatible con formatos existentes en el cine, además de mantener una relación cuadrática con el formato 4:3. Con la relación de aspecto 16:9 se incrementa el ángulo de visión horizontal.

El CCIR había determinado que con un ángulo de visión horizontal de 20° o más, la imagen es más envolvente y tiene mayor realidad de presencia. Además, determino que la distancia óptima de observación a la pantalla, teniendo en cuenta el efecto mareo es de 3H, siendo H la altura de la misma. Para una pantalla con una relación 4:3 y a una distancia de observación de 3H, el ángulo de visión horizontal es de 10°. A esa misma distancia, si se cambia la relación de aspecto de la pantalla a 16:9, el ángulo de visión pasa a ser mayor a 20°.

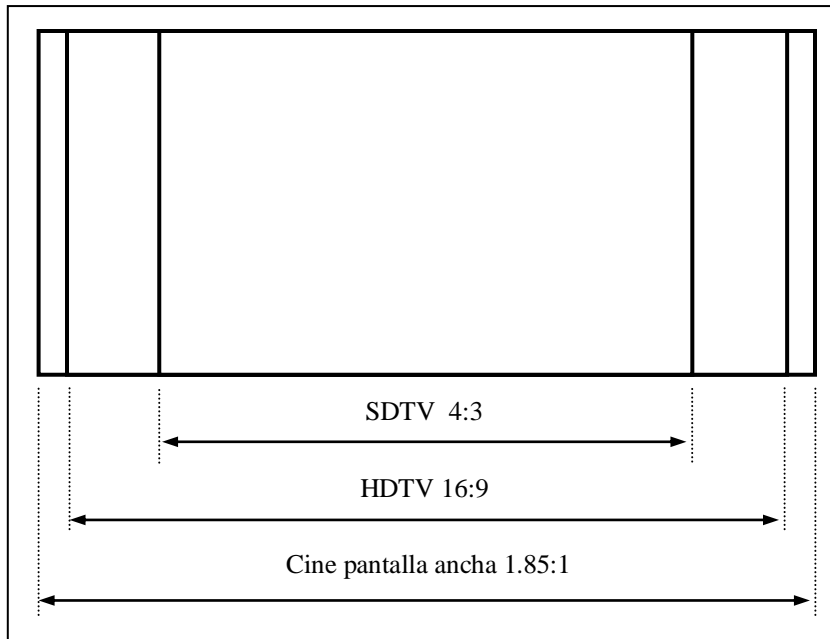


Figura 3.2. Comparación de las distintas relaciones de aspecto de pantalla.

En la figura 3.3, se representan ambas relaciones de aspecto y el ángulo de visión horizontal, para un televidente ubicado a una distancia de $3H$ de la pantalla.

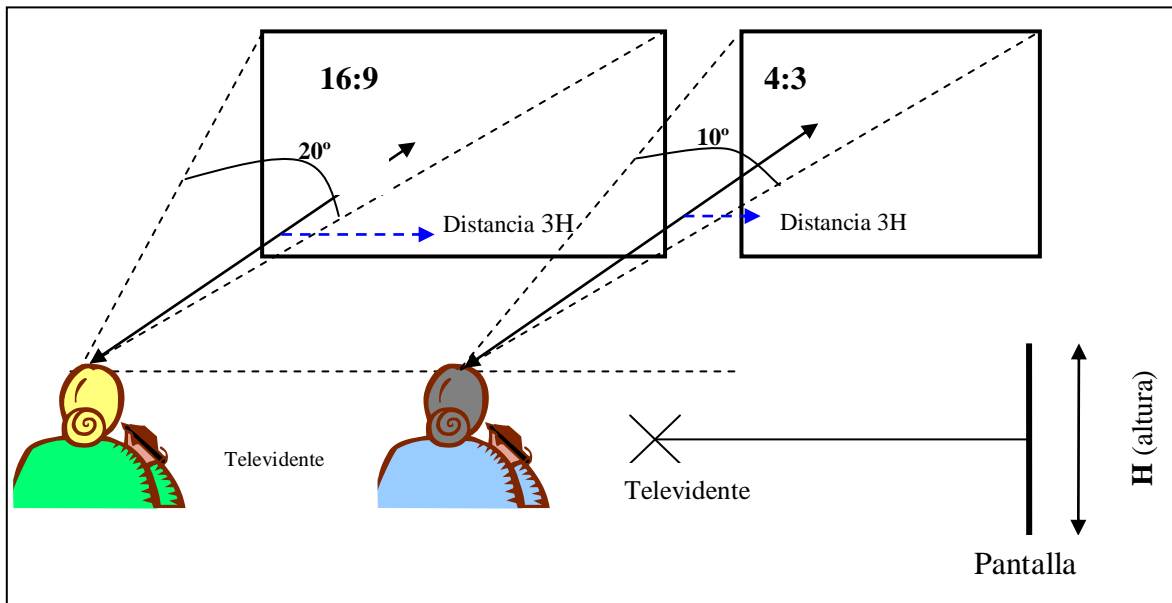


Figura 3.3 Ángulo de visión horizontal para pantallas de 4:3 y 16:9

4.1.3 LA SEÑAL DE VIDEO COMPUESTA EN HDTV ANALÓGICA.

La señal de video compuesta de HDTV analógica es prácticamente igual en su conformación, a la señal de video de la televisión convencional. La única diferencia reside en el pulso de sincronismo horizontal, que es de doble polaridad.

En la figura 3.4 se muestra la señal de video compuesta de HDTV, con el sincronismo de doble polaridad.

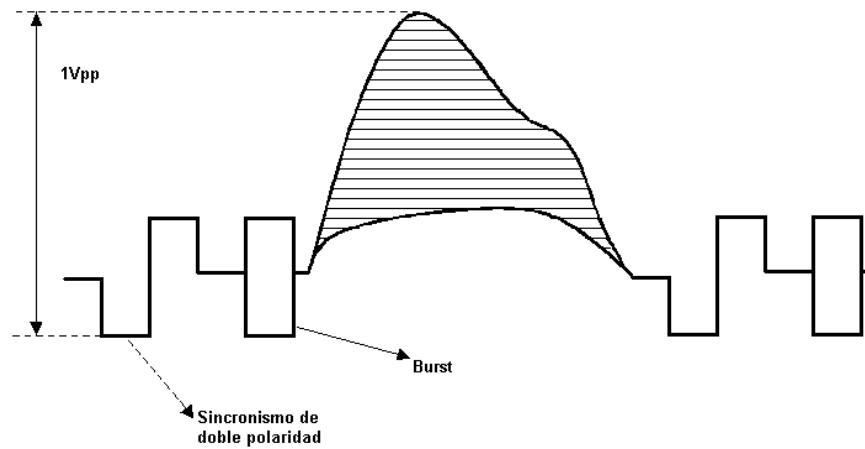


Figura 3.4. Señal de video compuesta de HDTV analógica, con el pulso de sincronismo de doble polaridad.

En la figura 3.5 se analiza un ejemplo del corrimiento del pulso de sincronismo, cuando disminuye o se comprime por cualquier causa la amplitud de la señal.

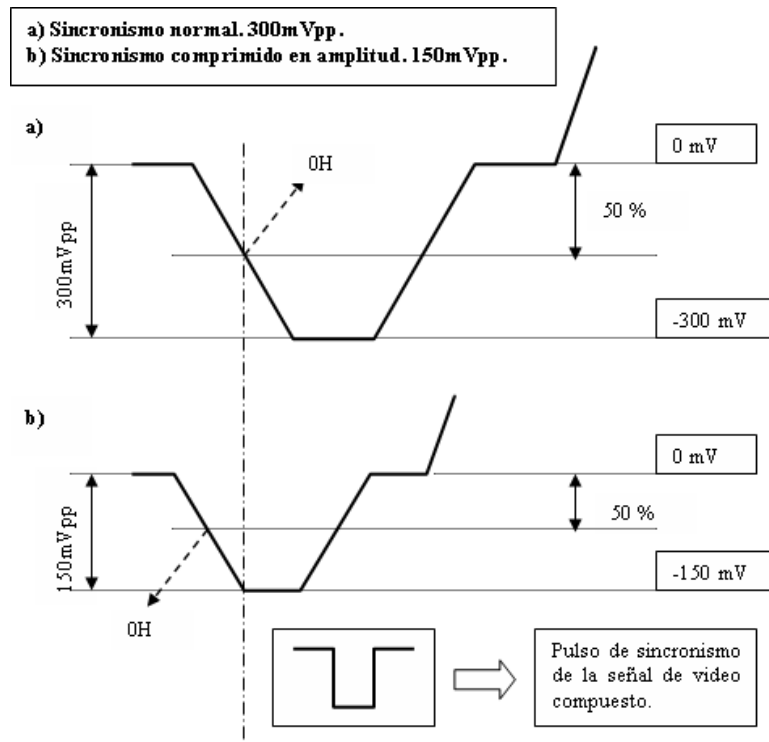


Figura 3.5. Corrimiento del punto OH, como consecuencia de la compresión de la amplitud del pulso de sincronismo.

En la parte a) de la figura 3.5, se muestra un pulso de sincronismo normal de 300mVpp de amplitud. En este caso, el punto de referencia OH coincide con el punto medio del flanco de bajada.

En la parte b) de la misma figura, se muestra a manera de ejemplo, una disminución de la amplitud de la señal. Como consecuencia de esto, se produce una compresión en el pulso de sincronismo, que ha sido disminuido en amplitud por cualquier causa. Supongamos que este pulso tiene ahora una amplitud de 150mVpp. En este caso, el punto OH queda desplazado de su valor original.

Figura 3.5. Corrimiento del punto OH, como consecuencia de la compresión de la amplitud del pulso de sincronismo.

Para prevenir este problema, en HDTV analógica se implemento el pulso de sincronismo de doble polaridad. La parte positiva de la señal no afecta en absoluto la sincronización

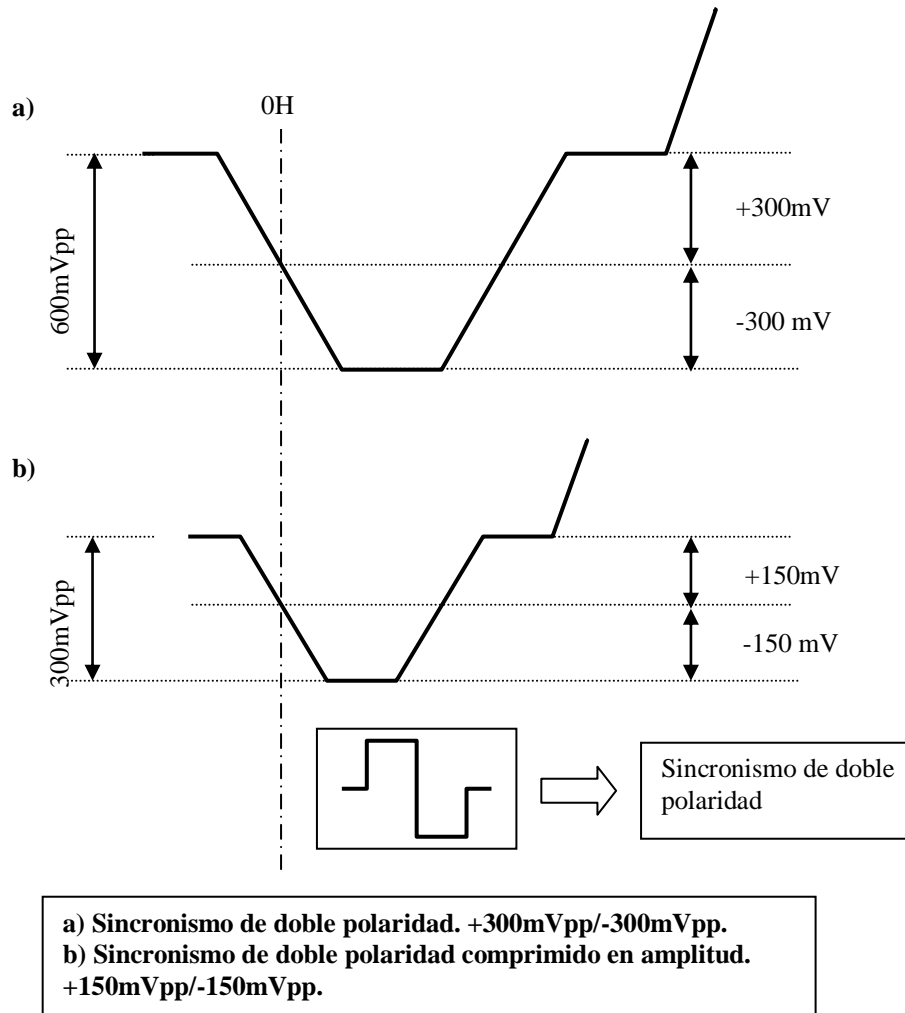


Figura 3.6. Pulso de sincronismo de doble polaridad de la señal de HDTV analógica.

horizontal.

En la figura 3.6 se muestra este pulso de sincronismo. En la parte a) de la Figura, el pulso tiene una amplitud hacia arriba de +300mV y una amplitud hacia abajo de -300mV. En la parte b) de la misma figura, se muestra a manera de ejemplo un pulso, cuya amplitud ha disminuido a la mitad o sea +150mV hacia arriba y -150mV hacia abajo.

Se puede apreciar que el punto medio del flanco de bajada OH no tiene corrimiento. Esto es debido a que la señal es simétrica o de doble polaridad

4.1.4 ESTÁNDARES 1250/50 Y 1125/60

Desde que comenzó la televisión de Alta Definición analógica existen dos estándares. El primero de ellos fue propuesto y desarrollado en Europa (1250/50) y el segundo fue desarrollado en Estados Unidos (1125/60).

Ambos estándares, tienen en común el aumento del número de líneas de barrido, la relación de aspecto 16:9 y el barrido entrelazado.

En la figura 3.7 se representan dos líneas de barrido en el estándar 1250/50. La primera línea es la 625 y la segunda línea es la 1250.

Para poder efectuar el entrelazado, en la mitad de la línea 625 se inserta un pulso de sincronismo. De esta manera, el primer campo finaliza en la mitad de la línea 625 y el segundo campo comienza en la mitad de dicha línea.

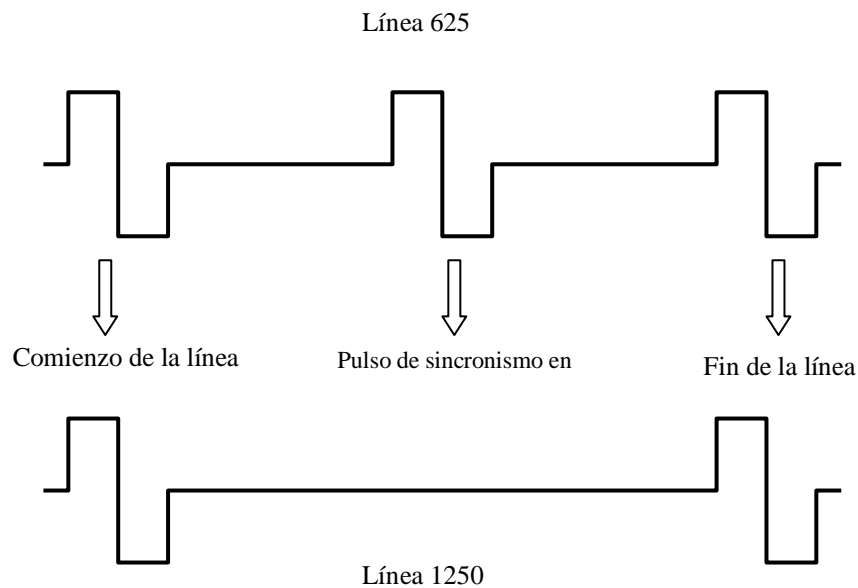


Figura 3.7. Líneas 625 y 1250 en el estándar 1250/50, con barrido entrelazado.

4.1.5 DIGITALIZACIÓN DE LA SEÑAL DE HDTV.

La digitalización de la señal de HDTV, es efectuada de la misma manera que la digitalización de la señal de televisión convencional.

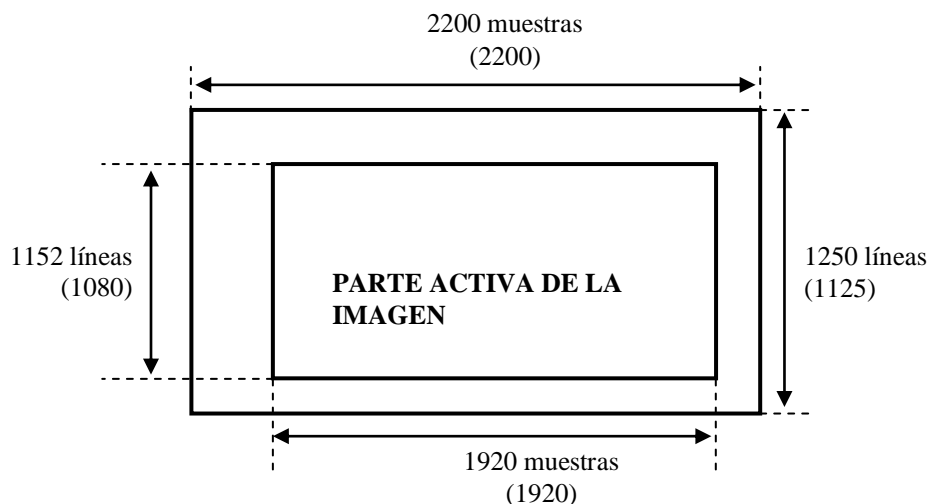


Figura 3.8. Cantidad de muestras por línea total y por línea activa en el estándar 1250/50. Entre paréntesis figuran los parámetros para 1125/60.

En la figura 3.8 se analiza la parte total y la parte activa de la imagen, para los estándares 1250/50 y 1125/60.

El análisis que se efectúa, corresponde al estándar 1250/50. Se indican entre paréntesis los valores para 1125/60.

En la digitalización, se muestrean 2200 muestras por línea total o completa (parte activa de la línea más el retrazado), correspondiendo 1920 muestras por línea activa, para un total de 1152 líneas activas.

4.1.6 FORMATOS DE HDTV.

En el Capítulo 2, se vio que la frecuencia de muestreo debe cumplir con el teorema de Nyquist y además debe ser un múltiplo entero de 2.25 MHz. Este concepto viene de Televisión Digital Estándar, donde esta frecuencia es el mínimo múltiplo entero común

para las frecuencias de barrido de 625/50 y 525/60. En este caso, la frecuencia de muestreo de luminancia de 13.5 MHz es común para ambos estándares o sea $6 \times 2.25 = 13.5\text{MHz}$.

El mismo criterio, se siguió para la elección de la frecuencia de muestreo utilizada en la digitalización de la señal de HDTV. Para el estándar 1250/50 se eligió la frecuencia de muestreo de 72MHz, que es 32 veces la frecuencia de 2.25MHz.

En los estándares 1250/50 y 1125/60, con una estructura 4:2:2, se muestrean 1920 muestras por línea activa de luminancia y 960 muestras por línea activa de cada una de las señales diferencia de color Cb y Cr.

De esta forma, en 4:2:2 se muestrean 3840 muestras por cada línea activa, de las cuales resulta de sumar $(1920 + 960 + 960)$.

En 1080 líneas activas que corresponden a un cuadro, se muestrean 4,147,200 muestras entre las de luminancia y de las señales diferencia de color Cb y Cr. A este formato de barrido se le denomina 1920 x 1080. Aquí, de acuerdo a lo visto, se muestrean 1920 muestras por línea activa por 1080 líneas activas.

Los parámetros de este formato para 60Hz están especificados en el estándar SMPTE 274M, mientras que los parámetros para 50Hz están especificados en el estándar SMPTE 295M. A este formato se le denomina 1080i o sea 1080 líneas activas con barrido entrelazado.

Un segundo formato de HDTV es el 1280 x 720 con barrido progresivo. Este corresponde a 1280 muestras por línea activa por 720 líneas activas. A este formato se le denomina 720p o sea 720 líneas activas con barrido progresivo. Los parámetros del mismo están dados por el estándar SMPTE 296M.

Digitalización de la señal. Parámetros para 1125/60/2:1 y 1250/50/2:1 en la estructura 4:2:2.

En la tabla 3.4 se muestran los parámetros principales de la codificación digital, para los estándares 1125/60 y 1250/50.

Existen algunas diferencias entre ambos, en lo que respecta a la frecuencia de muestreo de la señal de luminancia y de las señales diferencia de color. Para la señal de luminancia, en el estándar 1125/60 este valor es de 74.25 MHz, mientras que en 1250/50, este valor es de 72MHz.

Como la estructura de muestreo para ambos estándares es 4:2:2, la frecuencia de muestreo de cada una de las señales diferencia de color, será la mitad de la de luminancia, siendo en este caso también distintas en ambos estándares. También, existe una ligera diferencia en el número de muestras de luminancia y de cada una de las señales diferencia de color, por línea total o completa.

Parámetros	1125/60	1250/50
1.- Señales codificadas, R, G, B y/o Y, Cr, Cb.	Estas señales se obtienen a partir de las señales con pre corrección de gamma, es decir E'y, E'r-E'y, E'b-E'y ó E'r, E'g, E'b. ¹	
2.- Retícula de muestreo R, G, B, Y.	Ortogonal, repetitiva en c/línea y en c/campo.	
3.- Señales de retícula de muestreo Cb y Cr.	Ortogonal, repetitiva en cada línea y en cada campo. Las muestras de las señales Cr y Cb coinciden en el espacio con las muestras alternadas de la señal Y. Las primeras muestras activas de la señal diferencia de color coinciden en el espacio con la primera muestra activa de la señal Y.	
4.- Frecuencia de muestreo de Y. ²	74.25 MHz +/-10 x 10 ⁻⁶	72 MHz +/-10 x 10 ⁻⁶
5.- Frecuencia de muestreo de Cr, Cb. ³	37.125 MHz +/-10 x 10 ⁻⁶	36 MHz +/-10 x 10 ⁻⁶
6.- Número de muestras por línea.		
- R, G, B, Y	2200	2304
- Cr, Cb	1100	1152

¹ Se supone que los valores de E'r-E'y y E'b-E'y se vuelven a normalizar.

² El reloj o clock de muestreo debe sincronizarse a la frecuencia de línea.

³ El reloj o clock de muestreo debe sincronizarse a la frecuencia de línea.

<p>7.- Número de muestras activas por línea.</p> <ul style="list-style-type: none"> - R, G, B, Y - Cr, Cb 	<p>1920</p> <p>960</p>	
<p>8.- Posición de los primeros instantes de muestreo activo de las señales Y, Cr, Cb con respecto a la referencia temporal de sincronización analógica OH.</p>	<p>192T</p> <p>T = 1/74.25MHZ</p> <p>T= 13.468 ns</p>	<p>256T</p> <p>T = 1/72 MHz</p> <p>T = 13.889 ns</p>
<p>9.- Formato de codificación.</p>	<p>MIC con cuantificación uniforme para cada una de las señales componentes del video. 8 ó 10 bits por muestra.</p>	
<p>10.- Asignación del nivel de cuantificación⁴</p> <p>Datos de video</p> <p>Referencias de temporización.</p>	<p>Codificación de 8 bits</p> <p>1.00 a 254.75</p> <p>0.00 y 255.75</p>	
<p>11 Niveles de cuantificación⁵</p> <p>Nivel de negro R, G, B, Y.</p> <p>Nivel medio Cb, Cr.</p> <p>Valor de cresta nominal R, G, B, Y.</p> <p>Valor de cresta nominal Cb, Cr.</p>	<p>16</p> <p>128</p> <p>235</p> <p>16 y 240</p>	

Tabla 3.4. Parámetros de la codificación digital para 1125/60 y 1250/50.

Otra diferencia que existe entre ambos estándares, se presenta en los periodos del muestreo activo de las señales de luminancia y de las señales diferencia de color, con respecto a la referencia temporal de sincronización analógica OH.

⁴ Para disminuir la confusión cuando se utilizan conjuntamente sistemas de 8 y 10 bits

⁵ Estos niveles se refieren a niveles de video nominales concretos. El proceso de la señal puede provocar a veces una desviación del nivel de la señal fuera de estos márgenes.

4.1.7 CALCULO DE LA VELOCIDAD BINARIA

Para el formato 1080i en 60 H, para 4:2:2/10 bits. Este cálculo se puede efectuar de dos maneras. En primera instancia, a partir de la frecuencia de muestreo, se puede calcular la velocidad binaria mediante la fórmula:

Velocidad binaria en Mbps = (Frecuencia de muestreo de Y + Frecuencia de muestreo de Cb + Frecuencia de muestreo de Cr) x N° de bits x muestra

Sustituyendo tendremos que:

Velocidad binaria en Mbps = (74.25 + 37.125 + 37.125) x 10 = 1485 Mbps = 1.485 Gbps

Al mismo resultado se puede llegar aplicando otra formula.

Velocidad binaria en Mbps = (N° de muestras totales de Y + N° de muestras totales de Cb + N° de muestras totales de Cr) x N° de líneas totales de barrido x N° de cuadros por segundo x N° de bits por muestra

Sustituyendo

Velocidad binaria en Mbps = (2200 + 1100 + 1100) x 1125 x 30 x 10 = 1.485 Gbps

Esta es la velocidad binaria de una señal digital de HDTV en Estudio, sin comprimir. Esta señal, corresponde a un formato 1080i o sea 1080 líneas activas con barrido entrelazado.

Niveles de cuantificación para 8 y 10 bits.

Los niveles de cuantificación, empleados en la señal HDTV para 1250/50 y 1125/60, son los mismos que los utilizados para una señal SDTV.

En la tabla 3.5 se muestran los niveles de cuantificación de luminancia y de las señales diferencia de color Cb y Cr, para una señal de HDTV.

Parámetro	8 bits	10 bits
Total de niveles	256	1024
Nivel de negro Y	16	64
Nivel máximo de blanco de Y	235	940
Nivel de cero para Cr y Cb	128	512
Nivel mínimo de pico de Cb y Cr	16	64
Nivel máximo de pico de Cb y Cr	240	940

Tabla 3.5. Niveles de cuantificación en HDTV para 8 y 10 bits.

Al igual que en Televisión digital estándar, en HDTV digital se emplea una estructura de muestreo 4:2:2, con una cuantificación de 10 bits por muestra de resolución.

4.2 RELACIÓN DE ASPECTO EN TELEVISIÓN

La relación de aspecto de televisión, es simplemente la relación que existe entre la base y la altura de la imagen.

La televisión tradicional, con una relación 4:3, tiene un formato casi cuadrado. Cuando comenzó en Japón el estudio de la Alta Definición, se adoptó la relación de aspecto 5:3. Esta nueva relación era más rectangular que la tradicional 4:3. Posteriormente, e inspirándose en el cine de la pantalla ancha, la Televisión de Alta Definición adoptó la relación 16:9. Si bien esta, es un poco menor que la relación de pantalla, se logra una imagen más envolvente.

4.2.1 SEÑALES SDI EN 4:3 Y 16:9

La señal SDI, que tiene una relación de aspecto de su imagen de 4:3, es una señal cuyo flujo de datos tiene una velocidad binaria de 270 Mbps. Esta señal para su digitalización, ha sido muestreada con una estructura 4:2:2 a 10 bits por muestra de resolución.

En esta estructura, el muestreo se realiza a razón de 720 muestras de luminancia (Y) por línea activa y 360 muestras por línea activa, para cada una de las señales diferencia de color Cb y Cr. Esto significa que la señal de luminancia es muestreada a 13.5 MHz y cada una de las señales diferencia de color a 6.75 MHz.

A continuación, analizaremos una señal digital de 4:2:2/10 bits con una relación de aspecto de 16:9 y una velocidad de flujo de datos de 360 Mbps. En este caso, se incrementa el número de muestras por línea activa, de acuerdo a la relación 4:3.

Luminancia	$4/3 \times 720 = 960$ muestras de Y.
Señal diferencia al azul	$4/3 \times 360 = 480$ muestras de Cb.
Señal diferencia al rojo	$4/3 \times 360 = 480$ muestras de Cr.

Las frecuencias de muestreo, también se incrementan en la misma relación:

Frecuencia de muestreo Y	$4/3 \times 13.5 \text{ MHz} = 18 \text{ MHz}$
Frecuencia de muestreo de Cb	$4/3 \times 6.75 \text{ MHz} = 9 \text{ MHz}$
Frecuencia de muestreo de Cr	$4/3 \times 6.75 \text{ MHz} = 9 \text{ MHz}$

En la tabla 3.6 se resumen estos parámetros, para una señal SDI de 270 Mbps en 4:3 y 16:9 y una señal de 360 Mbps en 16:9.

Parámetros	4:3 / 16:9	16:9
	270 Mbps	360 Mbps
Muestras de luminancia (Y) por línea activa:	720	960
Muestras de señal diferencia al rojo (Cr), por línea activa.	360	480
Muestras de señal diferencia al azul (Cb), por línea activa	360	480

Frecuencia de muestreo de luminancia (Y)	13.5 MHz	18 MHz
Frecuencia de muestreo de la señal diferencia al rojo (Cr).	6.75 MHz	9 MHz
Frecuencia de muestreo de la señal diferencia al azul (Cb).	6.75 MHz	9 MHz

Tabla 3.6. Parámetros principales de las señales SDI en 4:3 y 16:9.

4.2.2 CONVERSIÓN DE RELACIÓN DE ASPECTO

La conversión de relación de aspecto, es muy importante hoy en día y se está utilizando cada vez con más frecuencia. Veamos un ejemplo; una estación que emite su programación en HDTV (16:9) y necesita intercalar noticias, documentales o programas de SDTV (4:3). En este caso, es necesario realizar dos procesos; primero realizar una Conversión Ascendente (Up Conversion), para convertir el tren digital SDTV de 270 Mbps al de HDTV de 1.48 Gbps y luego, cambiar la relación de aspecto de 4:3 a 16:9. Este ejemplo combina dos procesos; Conversión Ascendente junto con la conversión de relación de aspecto. También, puede producirse el caso inverso, es decir convertir una señal de HDTV a SDTV y convertir la relación de aspecto de 16:9 a 4:3. El proceso de conversión de la señal de Alta Definición a SDTV, se denomina Conversión Descendente (Down Conversion). También, puede ser necesario convertir solo la relación de aspecto de 4:3 a 16:9 o viceversa. En cualquiera de las dos vías, esta conversión no es perfecta y se debe seleccionar la que más convenga en cada caso. La conversión de relación de aspecto más común es de 4:3 a 16:9 y viceversa. En la tabla 3.7 se muestran algunas conversiones de relación de aspecto, incluyendo el formato 14:9.

Formato de la imagen.	Relación de Aspecto de la pantalla.	Relación de Aspecto de la imagen.	% vertical ocupado por la imagen en la pantalla.

Normal	4:3	4:3	100
Pantalla ancha	16:9	19:9	100
Letterbox B	4:3	14:9	85.7
Letterbox A	4:3	16:9	75
Anamórfico	4:3	16:9	100

Tabla 3.7. Distintas relaciones de aspecto de pantalla, con diferentes relaciones de aspecto de imagen, para los distintos formatos.

De la tabla podemos observar que la conversión de 14:9 a 4:3 (Letter box B), la imagen ocupa un 85.7% de la pantalla en sentido vertical. En la conversión de 16:9 a 4:3 (Letter box A) la imagen ocupa el 75% de la pantalla, también en sentido vertical. Más adelante, analizaremos estos casos con más detalle.

En la figura 3.9 se muestran las conversiones de relación de aspecto más comunes utilizadas hoy en día. Las dos vías posibles de conversión son de 4:3 a 16:9 y viceversa.

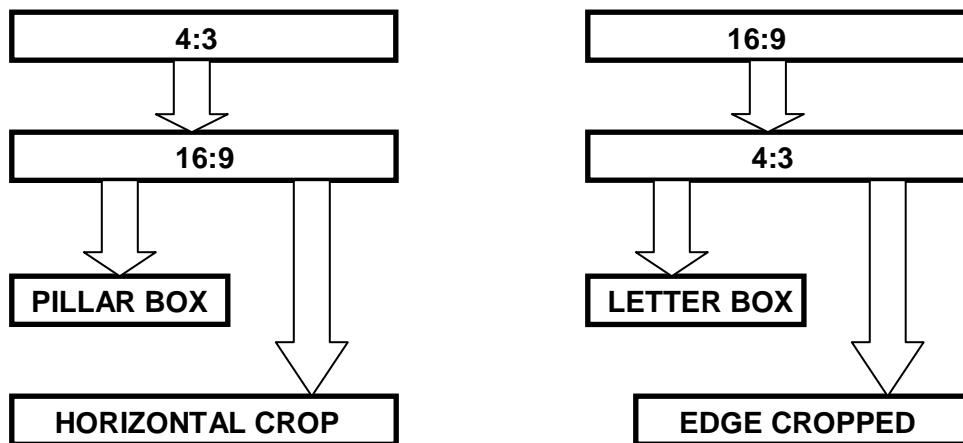


Figura 3.9. Conversiones de relación de aspecto más comunes de 4:3 a 16:9 y viceversa.

Los distintos tipos de conversiones de 16:9 y 14:9 a 4:3, mostrados en la Tabla 3.7, se representan a manera de resumen en la figura 3.10. En esta tenemos:

- a) Pantalla normal 4:3.

- b) Pantalla ancha 16:9.
- c) Formato anamórfico.
- d) Letter box B 14:9.
- e) Letter box A 16:9.

El formato anamórfico no es utilizado. Para realizar esta conversión, se comprime la imagen de 16:9 hasta que entre en la pantalla de 4:3. Si bien aquí no tenemos pérdida de imagen, esta sufre una compresión o achatamiento en sentido horizontal, produciendo una deformación de la misma.

El formato Letter box B se refiere a la conversión de 14:9 a 4:3. En este caso, tenemos dos barras negras, una arriba y otra debajo de la imagen. Cada imagen representa un 7.5% de la imagen.

El formato Letter Box A se refiere a la conversión de 16:9 a 4:3. Aquí, también tenemos dos barras negras, en la misma posición que en la anterior. Cada una de ellas representa un 12.5% de la imagen. Esto significa que cada barra negra tiene 71 líneas activas de barrido, de un total de 575. Lo importante es que con esta conversión no se pierde imagen, sino que la misma es reducida en proporción, a fin de que entre en ancho en la pantalla de 4:3. La imagen se reduce a 575 líneas activas a 433 líneas, también activas.

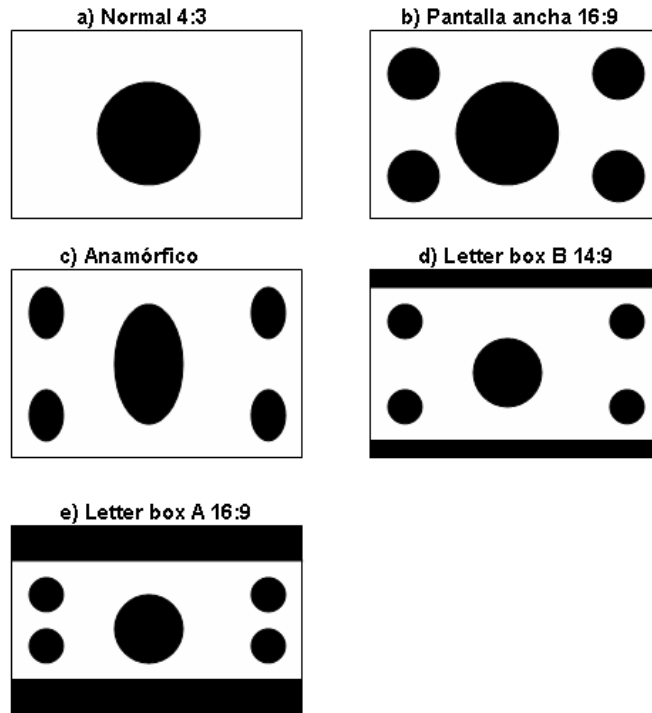


Figura 3.10. Conversiones de relación de aspecto.

4.2.3 CONVERSIÓN DE 16:9 A 4:3. LETTER BOX A

En este tipo de conversión, como se había mencionado anteriormente, la imagen se reduce en tamaño para poder ocupar el ancho de la imagen 4:3. En la figura 3.11 se muestra y explica este proceso.

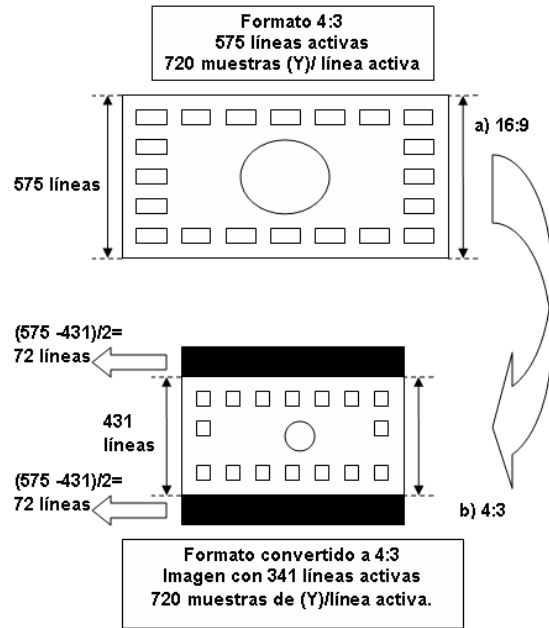


Figura 3.11. Conversión de relación de aspecto de 16:9 a 4:3 (Letter box A).

4.2.4 CONVERSIÓN DE 16:9 A 4:3. EDGE CROPPED

En la figura 3.12 se muestra una conversión de 16:9 a 4:3 denominada Edge Cropped. En este caso, la imagen de 16:9 es cortada en ambos bordes, para que entre en la relación de 4:3. Aquí se pierde información en la conversión.

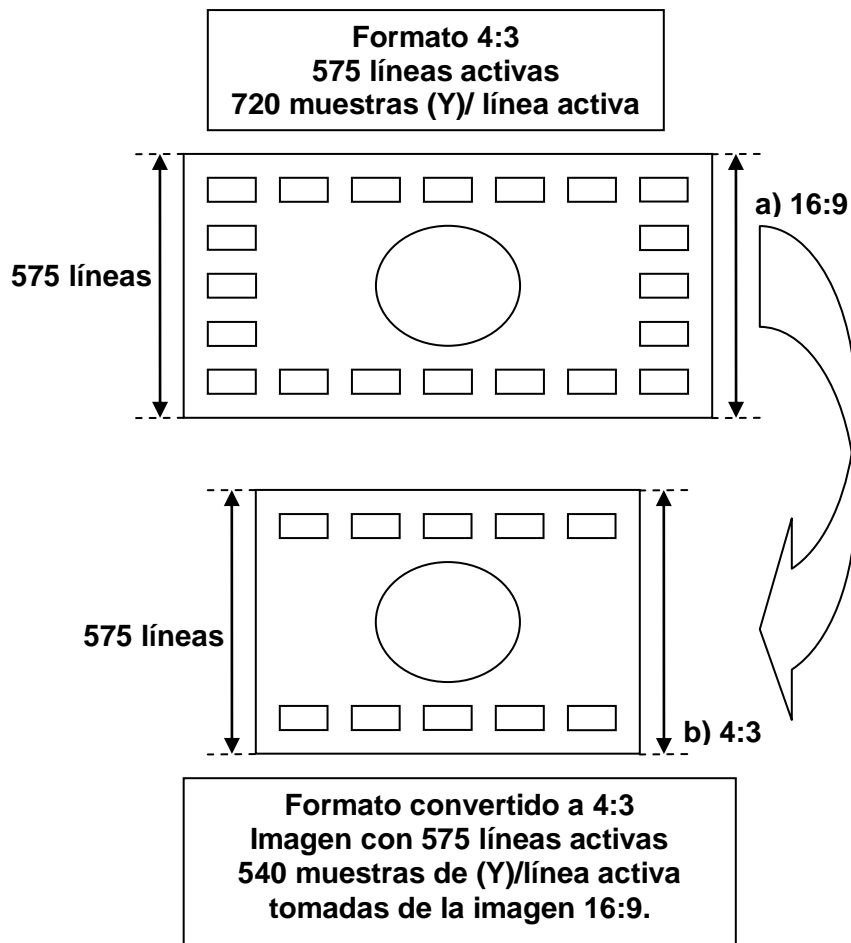


Figura 3.12. Conversión de relación de aspecto de 16:9 a 4:3 (Edge Cropped).

En este tipo de conversión, se mantienen las 575 líneas activas.

La imagen original de 16:9 tenía 720 muestras de luminancia (Y) por la línea activa. Después de la conversión, la nueva imagen de relación 4:3 tiene ahora 540 muestras por línea activa. Esto significa que hemos perdido en total:

Muestras por línea activa después de la conversión:

$720 - 540 = 180$ muestras por línea activa (90 muestras en el lado izquierdo de la pantalla y 90 muestras en el lado derecho).

En total, tenemos 25% menos de información de la imagen o sea 12.5% en el lado izquierdo y 12.5% en el lado derecho.

Cuando se requiere convertir de 16:9 a 4:3, se prefiere utilizar la conversión Letter box A, ya que no se pierde información. En algunos países en vez de barras negras, se insertan títulos con fondo de color arriba y/o debajo de la imagen.

4.2.5 CONVERSIÓN DE 4:3 A 16:9 HORIZONTAL CROP

Cuando se efectúa la conversión de relación de aspecto de 4:3 a 16:9, se puede optar por diversas formas.

En la figura 3.13 se muestra un primer tipo de conversión, denominado Horizontal crop. En la parte a) de la figura tenemos una imagen con relación de aspecto de 4:3. Para poder convertirla a una imagen de 16:9 se la debe ampliar por un factor de $16:9/a4:3$, lo que nos da un factor de 1.33. Esto es a efectos de ocupar el ancho horizontal de la imagen 16:9.

Esta ampliación se efectúa tomando 431 líneas activas de las 575 de la imagen a) de 4:3 o sea; $575 \times \frac{3}{4} = 431$ líneas activas aproximadamente.

Estas 431 líneas, son interpoladas en forma vertical en las de las 575 de la imagen b) 16:9.

Como resultado de la conversión, tenemos una pérdida de información arriba y debajo de la imagen.

En este proceso, se pierden aproximadamente 72 líneas arriba y 72 líneas debajo de la imagen. Esto representa un total de 144 líneas o sea un 25% de la imagen. Este tipo de conversión no representa una buena calidad de imagen, ya que además de perder información, se pierde resolución al efectuar la interpolación vertical.

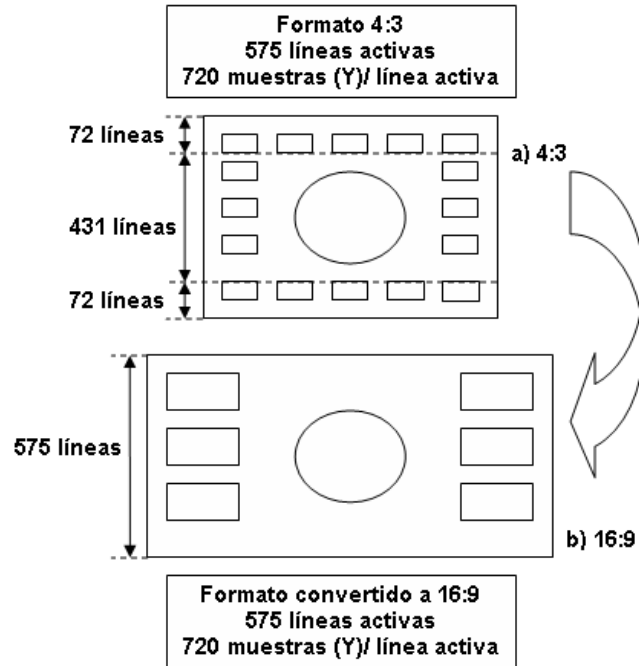


Figura 3.13. Conversión de relación de aspecto de 4:3 a 16:9 (Horizontal crop).

3.2.6 CONVERSIÓN DE 4:3 A 16:9. PILLAR BOX

En la figura 3.14 se representa una conversión de 4.3 a 16:9 denominada Pillar box.

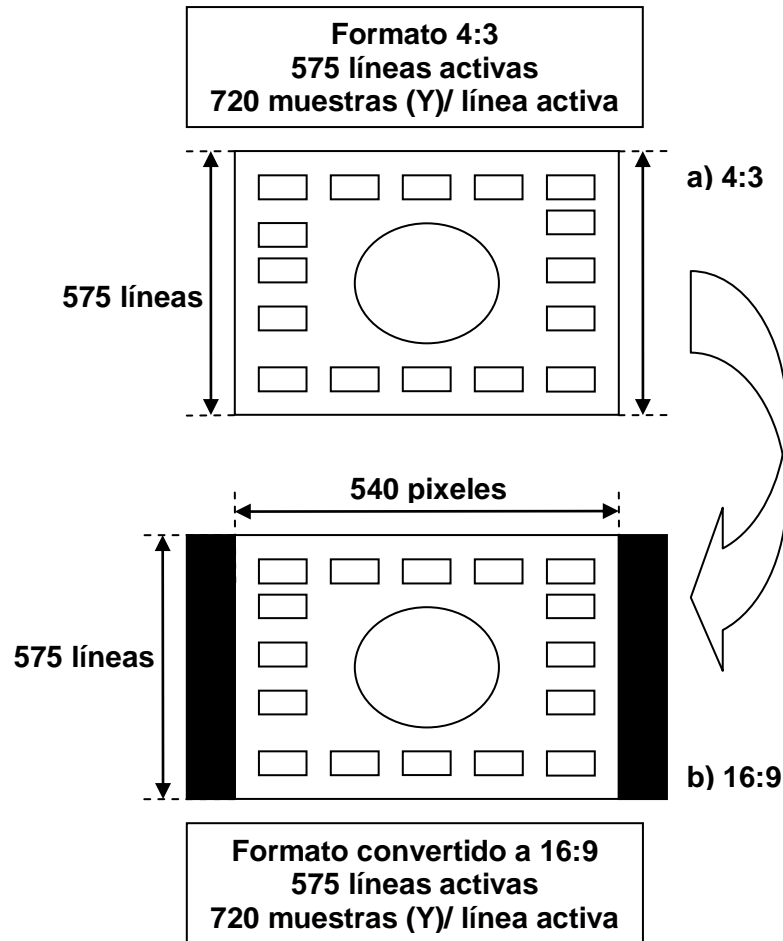


Figura 3.14 Conversión de relación de aspecto de 4:3 a 16:9 (Pillar box).

Al efectuar la conversión de 4:3 a 16:9, se puede optar por este método. La ventaja reside en que la imagen original de 4:3 entra con el mismo tamaño en la pantalla de 16:9, sin pérdida de información. Sin embargo, se deben generar dos barras negras verticales, una a cada lado de la imagen, a fin de ocupar el ancho de la nueva relación de aspecto.

En la primera imagen con relación 4:3; tenemos 720 muestras de luminancia (Y) por línea activa. Al convertir la imagen de 4:3 a 16:9, la relación de pixeles en la imagen 16:9, sin las barras negras es; $720 \times \frac{3}{4} = 540$ pixeles.

Cada línea activa de la barra negra tendrá: $(720 - 540)/2 = 90$ pixeles.

En este tipo de conversión y con ambas barras negras, se pierden sobre la imagen 180 pixeles por línea activa.

4.2.7 EL CONVERTOR DE RELACIÓN DE ASPECTO (ARC)

Los conversores de relación de aspecto, permiten hoy en día convertir señales SDI de 270 Mbps de 4:3 a 16:9 y viceversa, con una transparencia total. Sin embargo, las conversiones no son 100% exactas.

En efecto, en cualquiera de las dos vías de conversión, siempre existe alguna pérdida de imagen o una degradación de la misma.

Las conversiones de relación de aspecto Letter box A y Pillar box, son las que más transparencia y calidad ofrecen.

4.2.8 CONVERSIÓN ASCENDENTE (UP CONVERSION)

La conversión ascendente, permite convertir una señal de 270 Mbps con una relación de aspecto de 4:3 a una señal de HDTV de 1.48 Mbps con una relación de 16:9. Los dispositivos encargados de efectuar esta conversión se denominan Up Converters. En primera instancia, para efectuar esta conversión se debe aumentar de 575 líneas activas a 1080 líneas activas. Este proceso, se realiza mediante una interpolación vertical. Luego, se debe aumentar de 720 muestras de luminancia por línea activa a 1920 muestras. Este proceso, es realizado mediante una interpolación horizontal.

En la figura 3.15 se muestra los formatos de entrada y salida de un Up Converter.

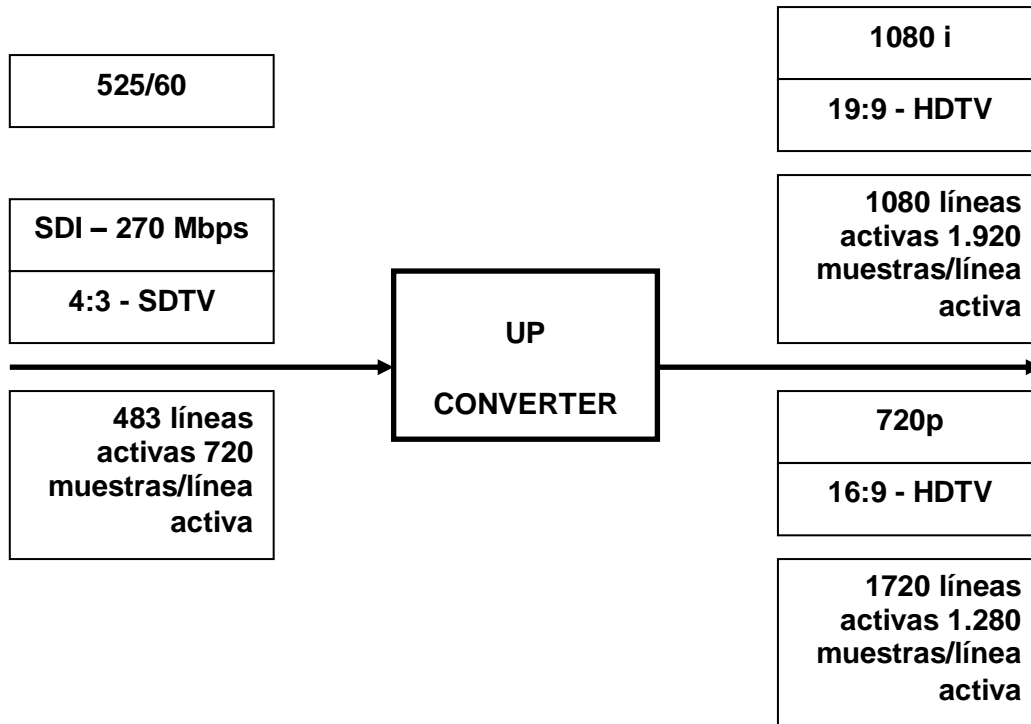


Figura 3.15. Formatos de entrada y salida de un Up Converter.

En este caso, el Up Converter convierte la señal de entrada (525/60), con una relación de aspecto de 4:3, a dos formatos de HDTV (1080i y 720p) en 16:9.

En cualquiera de los dos casos, el Up Converter debe realizar dos interpolaciones, como se había mencionado. Esta tecnología proporciona la mayor exactitud en el proceso de conversión, pues permite utilizar toda la información temporal y espacial contenida en el video.

La calidad de la conversión es realmente sorprendente, debido a la tecnología empleada en la interpolación. Además de aumentar el número de líneas y de píxeles por línea activa, el Up Converter también efectúa la conversión de relación aspecto de 4:3 a 16:9. Todo ello, hace que el resultado sea una imagen de buena calidad, aunque no sea una imagen de HDTV original.

4.2.9 CONVERSIÓN DESCENDENTE (DOWN CONVERTER)

La conversión descendente es más simple que la ascendente. A estos dispositivos se les denomina Down Converter.

Generalmente, convierten una señal de HDTV de 1080i ó 720p (16:9) a una señal SDI de 270 MBPS con una relación de aspecto de 4:3.

4.3 EL AUDIO DIGITAL

4.3.1 INTRODUCCIÓN

En este apartado se analizará brevemente la digitalización de la señal de audio. Los principios de este proceso son muy similares a los de la digitalización de video.

Para comprimir una señal de audio en MPEG-2 ó en Dolby AC-3, primero se debe digitalizar.

En general, los sistemas de compresión operan con sistemas digitales PCM en su entrada. También, en algunos Compresores, se puede ingresar con una señal analógica y dentro del mismo equipo, se efectúa la conversión de analógica a digital.

Otras veces, se puede ingresar al Compresor con señales digitales AES/EBU.

4.3.2 DIGITALIZACIÓN DE LA SEÑAL DE AUDIO.

La digitalización de una señal de audio, consiste en efectuar una conversión de la señal de Analógica a Digital (A/D).

Esto implica un muestreo de la señal y una cuantificación de los valores muestreados. A continuación, la señal es codificada mediante una Modulación Codificada por pulsos (PCM).

En la siguiente figura 3.16, se muestra el proceso de digitalización de la señal con codificación PCM.

La señal de audio analógica ingresa a un Filtro Pasa Bajo, para ser limitada en banda. Luego, esta señal es muestreada mediante otra señal cuya frecuencia se denomina de muestreo.

La característica de esta frecuencia es que debe cumplir con el teorema de Nyquist. Como se había visto, este expresa que para poder conservar toda la información de una señal, la frecuencia de muestreo debe ser como mínimo el doble del ancho de banda de la señal a muestrear, evitándose de esta forma el aliasing, o alias.

Este principio, es igual al que se había visto anteriormente, para la digitalización de la señal de video.

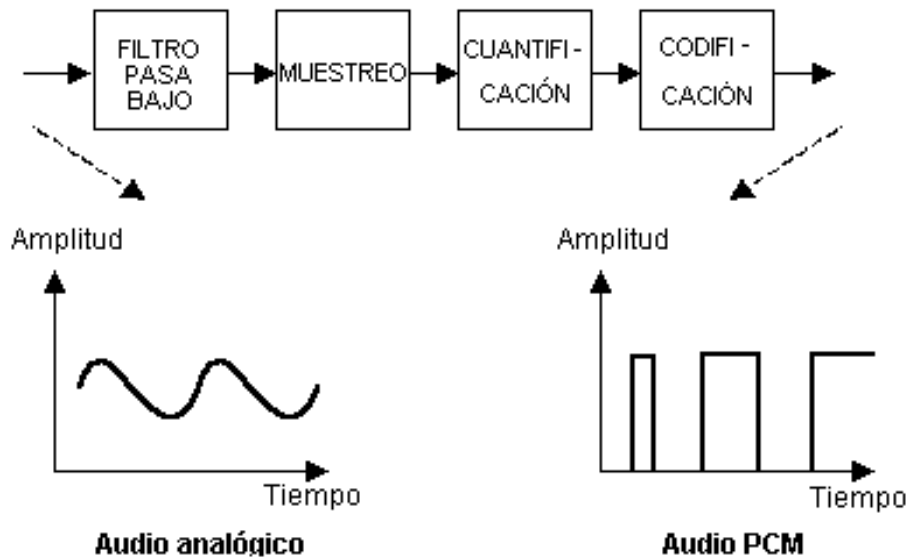


Figura 3.16. Codificación PCM

A manera de ejemplo se dirá que; para muestrear una señal de audio con un ancho de banda de 22 KHz., la frecuencia de muestreo debe ser por lo menos de 44 KHz., para evitar el aliasing.

Una vez que la señal ha sido muestreada, se efectúa la cuantificación de los valores muestreados. En esta etapa, se le asignan palabras de bits a los valores en amplitud muestreados.

A continuación, estas palabras de bits son codificadas en PCM. Esta señal es muy robusta y es utilizada para el transporte o transmisión de la señal digital.

4.3.3 MUESTREO DE LA SEÑAL DE AUDIO.

En la figura 3.17 se representa el espectro en el dominio de la frecuencia de una señal a muestrear f_b y el espectro f_m y $2f_m$.

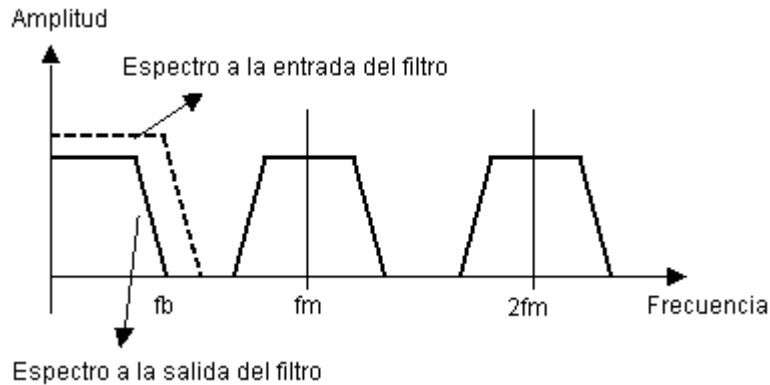


Figura 3.17. Espectro de la banda de la señal a muestrear f_b y de la frecuencia de muestreo f_m y $2f_m$

Para muestrear una señal de 22 KHz. de ancho de banda, se había dicho que la frecuencia de muestreo debería ser por lo menos el doble, o sea 44 KHz.

Supóngase que la frecuencia de muestreo es menor que la frecuencia de la señal a muestrear, o sea de 36 KHz.. En la figura 3.18 se muestra este ejemplo, donde se tiene una baja frecuencia de muestreo.

En este caso, la banda lateral inferior del espectro de muestreo, se superpone con la banda lateral superior de la señal a muestrear. Esta zona de superposición produce aliasing en audio.

El aliasing se manifiesta como un sonido metálica, siendo este una problema, ya que no se puede corregir.

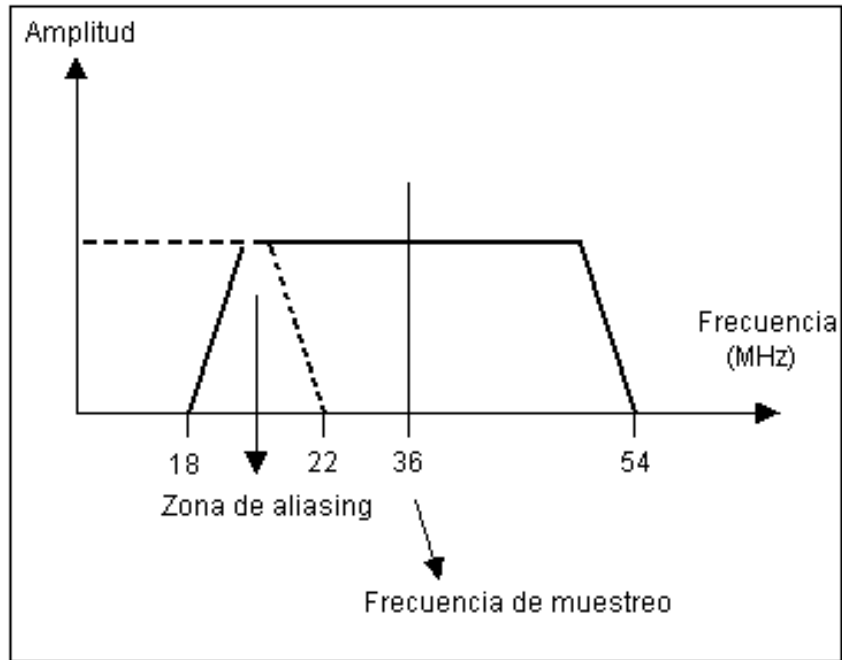


Figura 3.18. Zona de aliasing producida por una baja frecuencia de muestreo

En la figura 3.19 se representa una señal de audio con una baja frecuencia de muestreo. En este ejemplo, los puntos de muestra son ABCDEFGH. El periodo entre muestras es T. Uniendo todos los puntos en muestra, nos da una señal que dista lejos de la original. Evidentemente en este caso se tiene una baja frecuencia de muestreo.

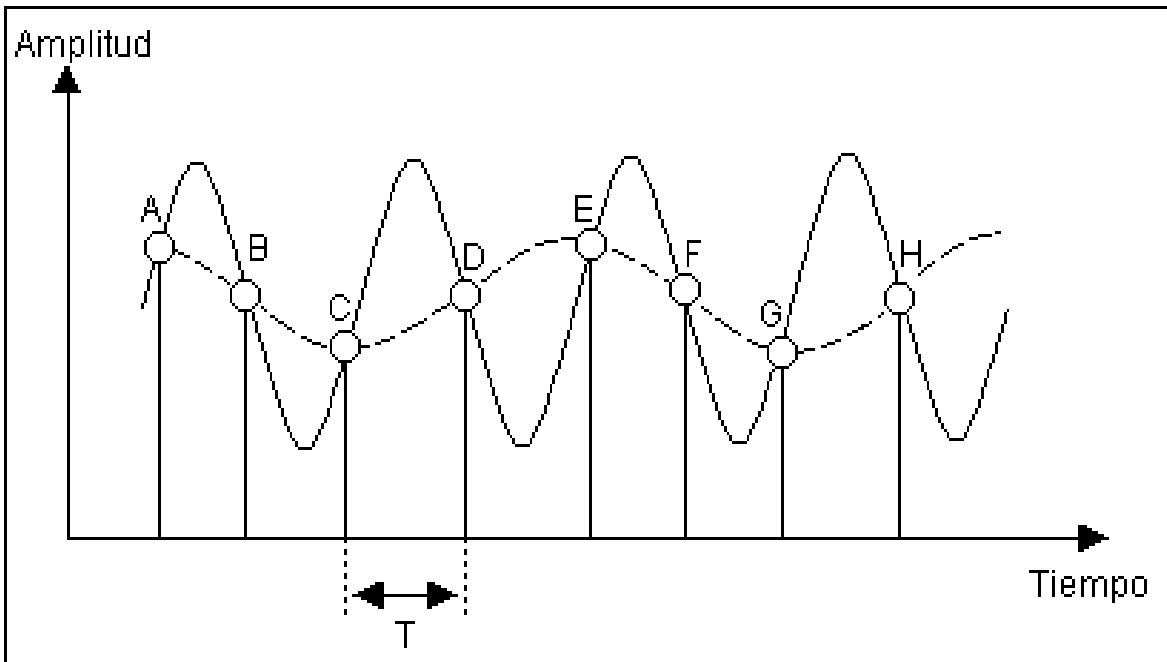


Figura 3.19. Señal con una baja frecuencia de muestreo

En la figura 3.20 se analiza el proceso de muestreo de una señal en el dominio del tiempo.

De la figura podemos observar que en a) tenemos la señal a la salida del Filtro Pasa Bajo. Esta señal es la que una vez limitada en banda, es sometida al proceso de muestreo. Para poder muestrear esta señal, es necesario aplicar una frecuencia de muestreo, ver parte (b) de la figura. Esta frecuencia debe ser por lo menos el doble de la frecuencia máxima de la señal a muestrear.

En (c) de la misma figura tenemos finalmente la señal muestreada. Obsérvese que aquí la velocidad de muestreo es correcta, debido a que las frecuencias con que se han tomado las muestras, permiten recomponer la señal original.

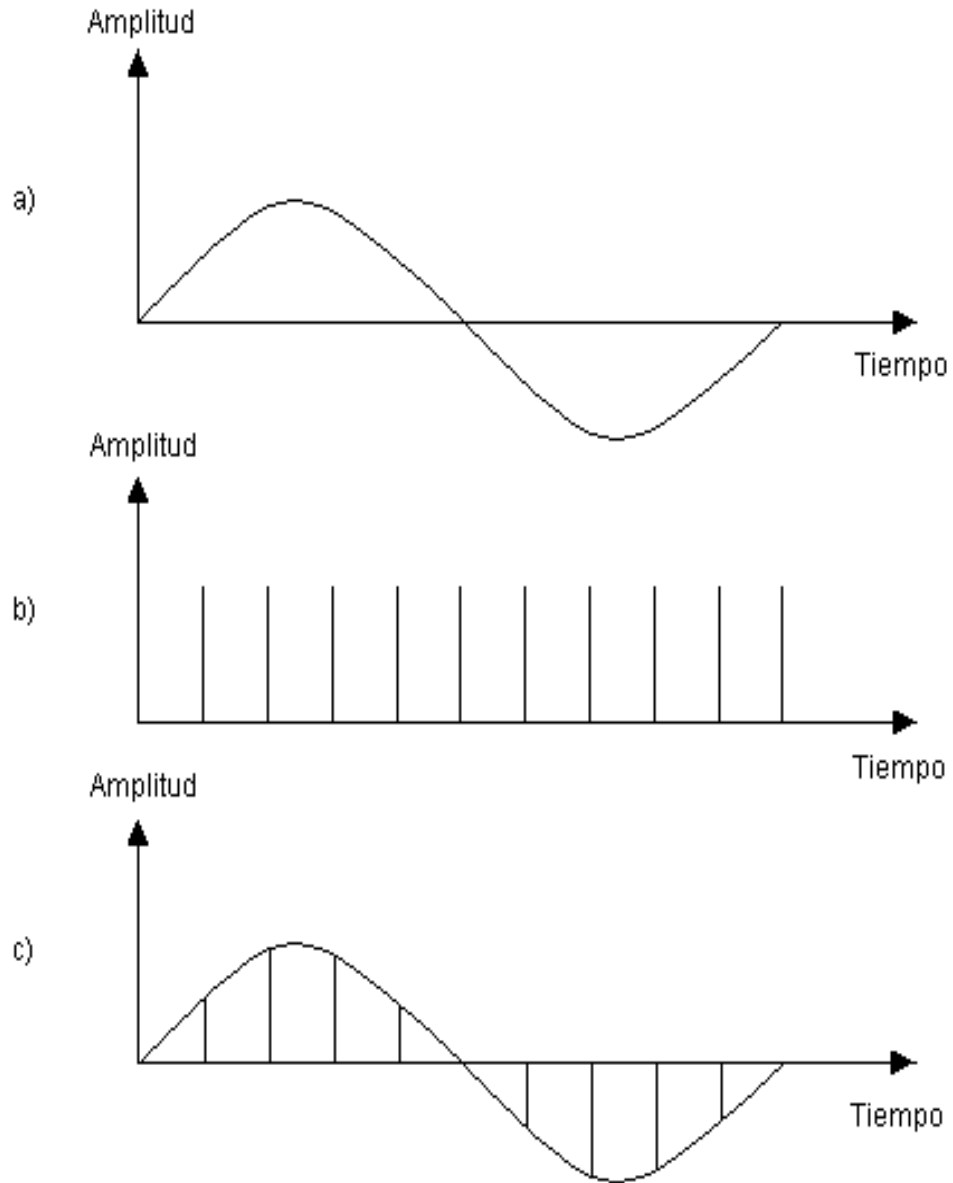


Figura 3.20. Proceso de muestreo en el dominio del tiempo.

a) Señal a la salida del filtro pasa bajo

b) Frecuencia de muestreo

c) Señal muestreada

4.3.4 CUANTIFICACIÓN

En el proceso de digitalización, el paso siguiente al muestreo es la cuantificación. Aquí es donde se asignan las palabras de bits, a cada uno de los valores de tensión, que han sido muestreados.

En la figura 3.21 se muestra la señal de la figura anterior, convertida en valores de tensión en (a) y cuantificada en (b).

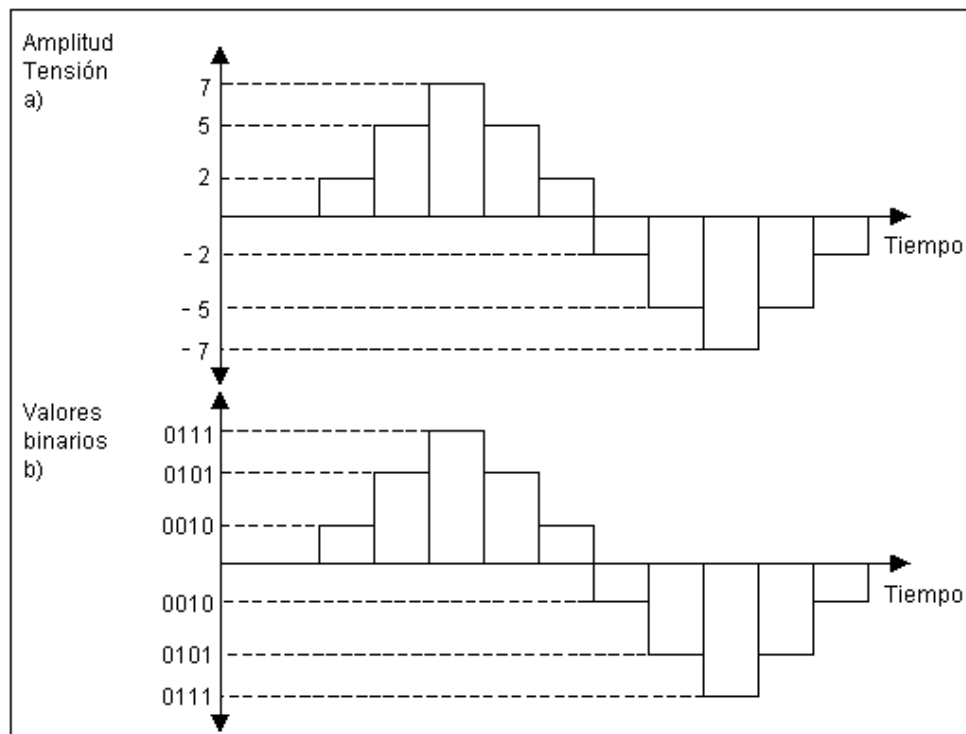


Figura 3.21. Cuantificación de la señal muestreada

La cuantificación convierte a la muestra analógica a un número binario. Ese número o palabra binaria, en aplicaciones profesionales puede ser de 16, 20 ó 24 bits por muestra de resolución.

En la tabla 3.8 se muestran algunas resoluciones y la cantidad de niveles de cuantificación. Por simplicidad, solo se muestran los números de bits de resolución por muestra pares.

NO. DE BITS POR	2 ELEVADO	NIVELES DE
-----------------	-----------	------------

MUESTRA	A:	CUANTIFICACIÓN
2	2.E+02	4
4	2.E+04	16
6	2.E+06	64
8	2.E+08	256
10	2.E+10	1024
12	2.E+12	4096
14	2.E+14	16384
16	2.E+16	65336
18	2.E+18	262144
20	2.E+20	1048576
22	2.E+22	4194304
24	2.E+24	16777216

Tabla 3.8. Niveles de cuantificación

4.3.5 EL CÓDIGO PCM (PULSE CODE MODULATION)

En la figura 3.22 se muestra el proceso de la señal analógica para obtener el código PCM.

En la parte a) de la figura se representa una señal de audio analógica. En la parte b) de la misma figura se representan las frecuencias de muestreo.

En la parte c) de la figura se representa la señal PAM (Modulación por Amplitud de Pulsos). Aquí, la amplitud del pulso varía con la amplitud de la señal analógica.

En la parte d) de la figura se muestra para este ejemplo, el código PCM.

La señal analógica es muestreada en cuatro puntos (1,2,3 y 4). Ver parte a) de la figura. Para ello, se emplean cuatro pulsos de muestreo (fm 1, fm 2, fm 3 y fm 4), ver parte b) de la figura.

El primer punto de muestra de la señal analógica ocurre con la frecuencia fm 1 y corresponde a una tensión de + 1 Volt. A este punto de muestra le corresponde el código PCM de 1000.

El segundo punto de muestra de la señal analógica ocurre con la frecuencia f_{m2} y le corresponde una tensión de +3 Volts. A este punto de muestra le corresponde el código PCM de 1010.

El tercer punto de muestra ocurre con f_{m3} y la tensión es de -2 Volts. A este punto de muestra le corresponde el código PCM de 0010.

El cuarto punto de muestra ocurre con f_{m4} y la tensión es de +1 Volt. A este punto le corresponde el código PCM de 1000.

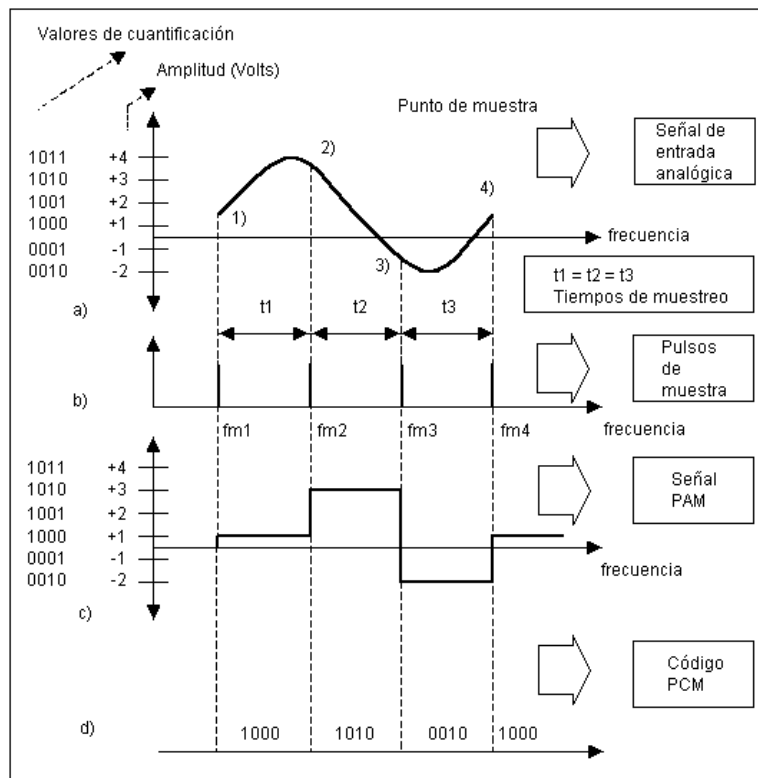


Figura 3.22. Proceso de la señal analógica para obtener el código PCM

4.3.6 SEÑAL DE AUDIO DIGITAL AES/EBU

Hemos visto en algunos casos, la señal de entrada a un Compresor de audio MPEG-2 ó Dolby AC-3, es una señal PCM.

Otras veces, la señal de entrada a un Compresor de audio es una señal AES/EBU.

El audio digital AES/EBU fue desarrollado por la AES (Audio Engineering Society) y la EBU (European Broadcasting Union).

Las primeras recomendaciones fueron publicadas en el año 1985 y posteriormente en el año 1992, se introdujeron modificaciones.

El estándar AES/EBU se utiliza en todo tipo de equipos que operan en digital.

El audio digital AES/EBU está formado por un par estéreo o dos canales de audio mono independientes.

Cada muestra es cuantificada a 20 ó 24 bits de resolución.

Cada palabra es formateada en un sub cuadro y estos sub cuadros son multiplexados para formar el flujo AES/EBU digital.

En la figura 3.23 se representa una estructura de datos AES/EBU.

En un cuadro tenemos dos sub cuadros A y B. Analizando cada uno de ellos vemos que; cada cuadro se compone de 32 bits. De estos, cuatro bits son utilizados para la sincronización, cuatro bits son para datos auxiliares y a continuación tenemos las 20 muestras de datos de audio. Los últimos 4 bits corresponden a los datos asociados.

La interfaz digital AES/EBU acepta frecuencias de muestreo de 32 – 44.1 y 48 Khz.

Cuando se transmite en estéreo, el sub cuadro A representa al canal izquierdo y el sub cuadro B al canal derecho.

Dos sub cuadros forman un cuadro, transportando cada uno de ellos un canal. Se transmiten 192 cuadros por bloque.

Resumiendo; una estructura AES/EBU está compuesta por:

- Un bloque de audio = 192 cuadros
- Un cuadro = 2 Sub cuadros = 64 bits
- Un Sub cuadro = 32 bits

De estos 32 bits tenemos:

- Sincronización: 4 bits
- Datos auxiliares: 4 bits
- Datos de audio: 20 bits

- Datos asociados: 4bits

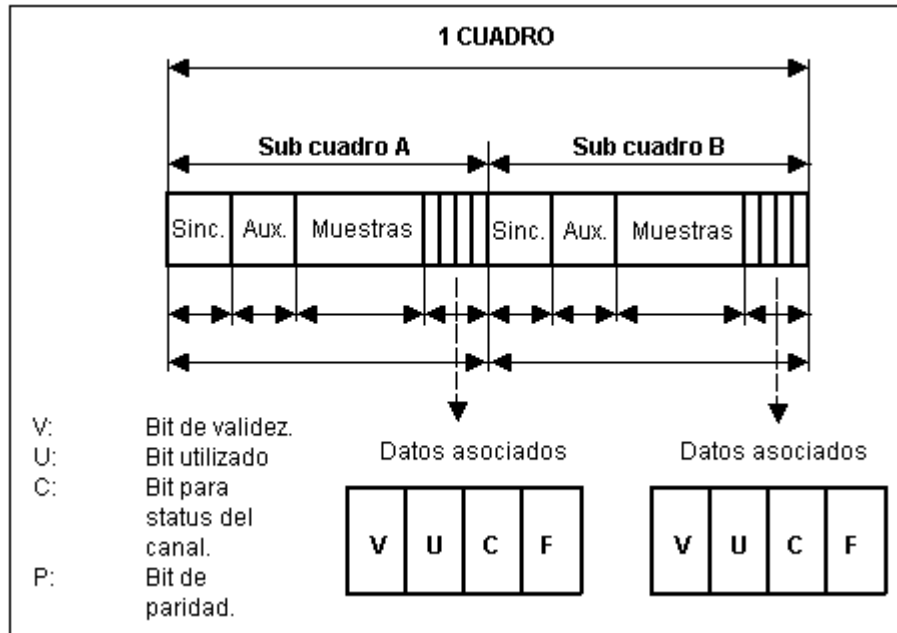


Figura 3.23. Estructura de datos AES-EBU

Los datos asociados de cada sub cuadro son cuatro a saber:

V: Validity: (Validez). Con un bit de validez se determina si existe algún error en los datos. Si ese bit es 0, la muestra de audio transmitida está libre de error. Por el contrario, si el bit de validez es un 1 esa muestra tiene una error.

User data: (Datos de usuario). Un bit de datos lleva datos correspondientes a ese usuario.

Channel status data: (Datos de estatus del canal). Este bit es utilizado para la formación de bloques que describen la información acerca del canal y otros parámetros del sistema.

Parity bit: (Bit de paridad). Este bit provee la paridad para el sub cuadro. Cuando un número impar de errores ocurre durante la transmisión, ese bit es detectado.

En la figura 3.24 se representa el flujo de datos de audio AES/EBU.

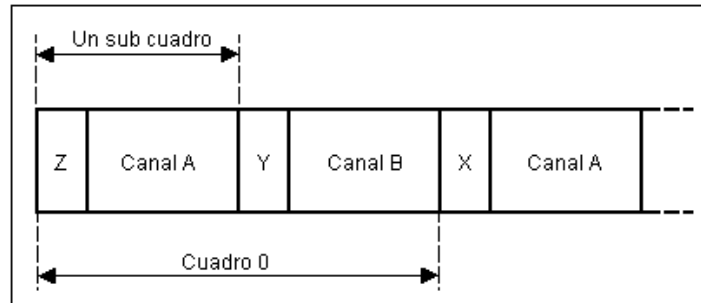


Figura 3.24. Flujo de datos AES-EBU

A continuación, definiremos las palabras de sincronización que van delante de cada sub cuadro.

Palabra de sincronización Z. Con este bit se indica el arranque del primer cuadro del bloque.

Palabra de sincronización Y. Con este bit se indica el arranque de cada sub cuadro B.

Palabra de sincronización X. Con este bit se indica el arranque de los cuadros que faltan.

Un bloque de audio está compuesto por 192 cuadros, como el indicado en la figura 3.25.

El primer cuadro es el número 0 y el último cuadro es el número 191.

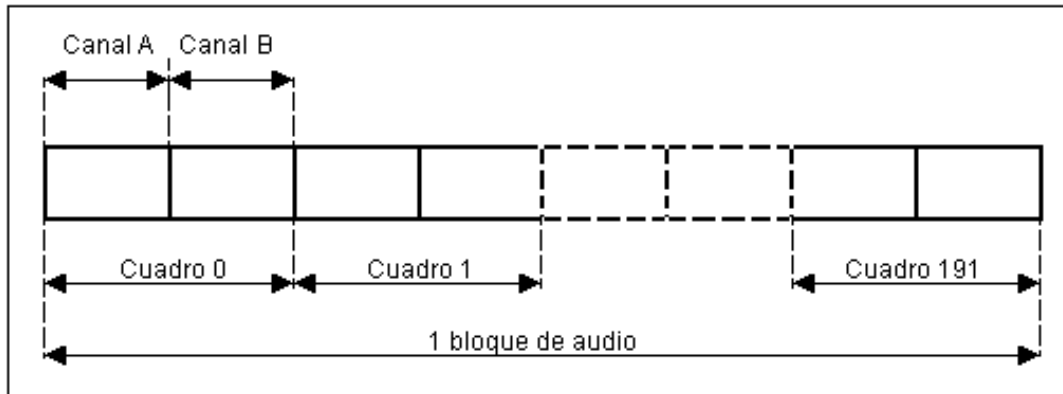


Figura 3.25. Bloque de datos en el flujo de datos AES-EBU

4.4 Infraestructura en HDTV.

En la figura 3.26, se muestra un diagrama de boques de una infraestructura en HDTV.

Cuando el objetivo final consiste en emitir programación en HDTV, esta es la solución más apropiada. Es la más costosa, pues todo el equipamiento es de HDTV y debe adquirirse por completo, pero es la solución ideal. Con este sistema se logra la más alta calidad de imagen en producción y emisión.

La segunda salida del Master Control Switcher ingresa al Encoger ATSC (Compresor y Múltiplex). El Flujo de Transporte así obtenido excita al Modulador y la salida de este es conectada al transmisor Digital. La señal de RF de salida del transmisor, es conectada a la antena transmisora mediante la línea de transmisión. De esta manera, se transmite el programa digital en HDTV.

Simultáneamente, se debe transmitir la misma señal, pero analógica NTSC. Esto es a fin de que todos los usuarios que tengan receptores analógicos, puedan recibir esa señal. Para ello, la primer salida del Master Control Switcher en HDTV ingresa al Down Converter. Este equipo convierte la señal de 1.48 Gbps. de HDTV a una señal de 270 Mbps SDI. Luego a través de un Encoger NTSC, se convierte la señal SDI a una señal analógica NTSC. Con esta señal de video compuesta, se excita al Modulador y la salida de este es conectada al Transmisor. La salida de RF del Transmisor es conectada a la segunda Antena Transmisora, mediante la Línea de Transmisión.

De esta manera, se transmite la segunda señal, que es la analógica NTSC.

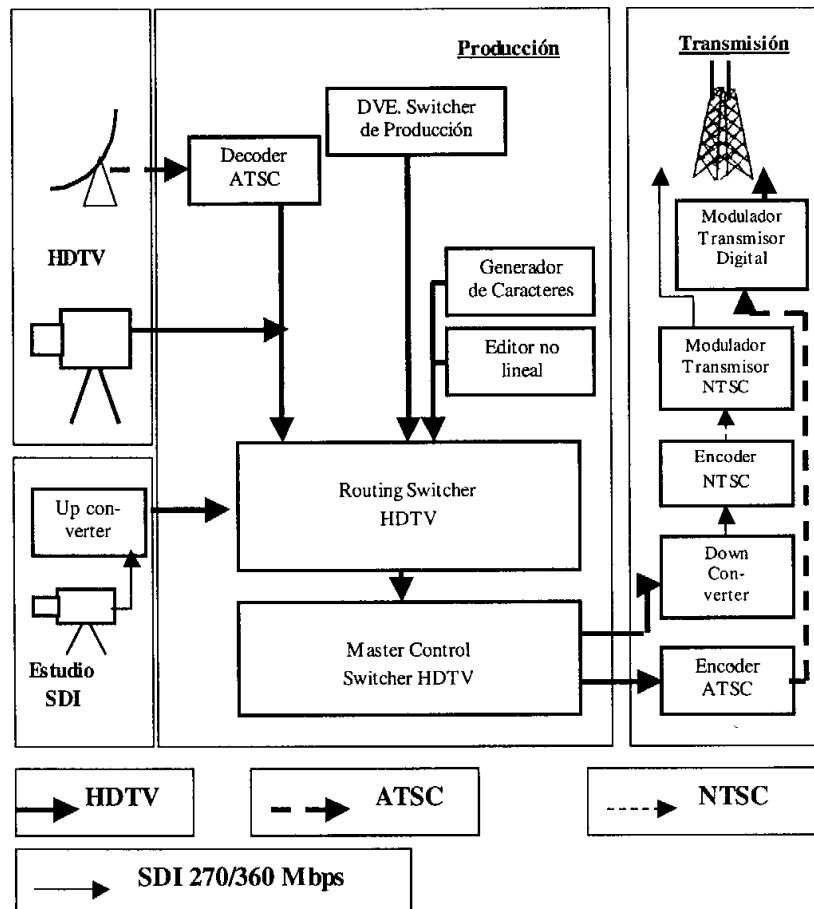


Figura 3.26. Infraestructura en HDTV.

GLOSARIO.

4:2:0: Conjunto de frecuencias de la proporción 4:2:0, utilizado para digitalizar la luminancia y los componentes de diferencia de color (Y, R-Y, B-Y) de una señal de video. El cuatro representa los 13.5 MHz, la frecuencia de muestreo del canal Y, mientras que, tanto el R-Y como el B-Y, están muestreados a 6.75 MHz.

4:2:2: Conjunto de frecuencias de la proporción 4:2:2, utilizado para digitalizar la luminancia y los componentes de diferencia de color (Y, R-Y, B-Y) de una señal de video. El cuatro representa los 13.5 MHz, la frecuencia de muestreo del canal Y, y los números dos representan cada uno los 6.75 MHz de los canales R-Y y B-Y.

ATSC: (Advance Television Systems Committee) Comité de Sistemas Avanzados de Televisión.

Banda base: La banda de frecuencias ocupada por la señal en un alambre portador o sistema de transmisión de radio antes de que module la frecuencia del portador para formar la línea transmitida o señal de radio.

Bytes: Se describe como la unidad básica de almacenamiento de información, generalmente equivalente a ocho bits, pero el tamaño del byte depende del código de información en el que se defina.

CCIR: Comité Consultivo Internacional de Comunicaciones Radiales, un comité internacional de normas que ya no se encuentra en funcionamiento y que fue reemplazado por la Unión Internacional de las Telecomunicaciones (ITU).

Decodificador: Dispositivo en la casa de un cliente que recibe las órdenes enviadas desde la oficina central y convierte las señales digitales comprimidas en video analógico y en audio.

Demultiplexar: El proceso inverso a la multiplexión. El proceso de recuperar muchos canales de una señal de gran velocidad en que los canales fueron previamente combinados.

DVB (Transmisión de Video Digital): (ITV) DVB es una solución propuesta para la televisión digital y la transmisión de datos por todo el rango de medios de entrega. Todos los sistemas DVB se basan en compresión de audio y video MPEG-2. DVB agrega al flujo múltiple de transporte MPEG los elementos necesarios para llevar los servicios de transmisión digital al hogar a través del cable, el satélite y los sistemas de transmisión terrestres.

JPEG: (Joint Photographic Experts Group). ISO/ITU-T. El JPEG es un estándar para la compresión de datos de foto fija. Específicamente, este trabajo ha servido para imágenes codificadas con el estándar ITU-R 601. JPEG usa DCT y ofrece compresión de datos entre dos y cien veces y se definen tres niveles de procesamiento: extendido y "sin pérdida".

Megabyte (Mbyte): Un millón de bytes (realmente 1,048,576); mil kilobytes.

Multiplexar: Técnica de transmisión que le permite a varias señales compartir un mismo medio de transmisión. Específicamente, (1) En la televisión por cable, diferentes propuestas de horarios de programación que ejecutan los mismos programas en horarios diferentes de otro canal. (2) En la transmisión de datos, una función que permite a dos o más fuentes de datos compartir un medio de transmisión común de tal manera que cada fuente de datos tenga su propio canal. La división de la transmisión en dos o más canales se realiza bien sea dividiendo las bandas de frecuencia, cada una de las cuales se usa para constituir un canal distinto (multiplexión por división de frecuencia), bien sea repartiendo ese canal común a varios canales de información diferentes, uno al tiempo (multiplexión por división de tiempo).

Píxel: (del inglés *picture element*, o sea, "elemento de la imagen") es la menor unidad en la que se descompone una imagen digital, ya sea una fotografía, un fotograma de video o un gráfico.

Vector: es un concepto matemático que se utiliza para describir magnitudes tales como velocidades, aceleraciones o fuerzas, en las cuales es importante considerar no sólo el valor sino también la dirección y el sentido.

Se representa por un segmento orientado para denotar su sentido (el de la flecha) su magnitud (la longitud de la flecha) y el punto de donde parte. Para este tipo de vectores (generalmente bi o tridimensionales) se definen módulo, dirección y sentido.

Bibliografía.

Frenzel. Sistemas electrónicos de comunicaciones. Alfaomega.

TOMASI, Wayne. Sistemas de Comunicaciones Electrónicas. 2 ed. México: Prentice Hall, 1996.

Grob Bernard & Herndo Charles, Basic television and video system, 6ª Edición, Ed. Mac Graw Hill.

ATSC

<http://www.servisystem.com.ar/ATSC/dtv8.html>

Wikipedia

<http://en.wikipedia.org>

<http://en.wikipedia.org/wiki/8VSB>

Sparano,D. What exactly is 8-vsbs anyway? <http://www.broadcast.net/~sbe1/8vsb/8vsb.htm>

Centro de Investigación e Innovación en Telecomunicaciones

González, Claudia. Sistemas de Televisión por cable: una visión integral. CINIT. 2002

<http://www.cinit.org.mx>

Federal Communications Commission

Información de la FCC para el consumidor: Televisión digital

<http://www.fcc.gov>

Diplomado en telecomunicaciones. Alcatel. 2000.

Diplomado CISCO CCNA 1998.