

Como se conforma una señal de TV

Concepto de línea, cuadro y campo.

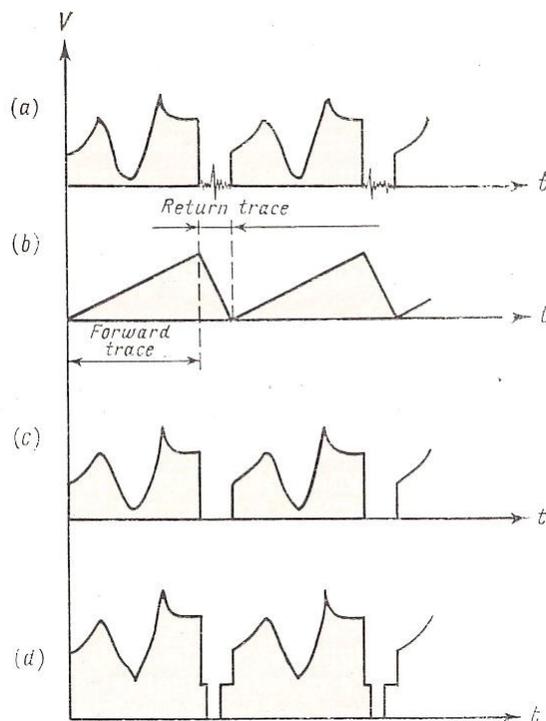
El tubo de imagen de una cámara recibe la luz de la imagen a ser captada, la cual excita al material fotosensible que lo compone, y la excitación en cada punto en el tubo es proporcional al contenido de luz de la imagen.

El tubo de una cámara es explorado entonces en forma secuencial por un haz electrónico, el mismo explora en un punto del tubo y produce una tensión proporcional a la cantidad de luz en ése punto. El haz recibe un pulso que lo desvía a hacia la izquierda (pulso de trazado), repite el proceso, hasta alcanzar el extremo derecho, toda la información que el haz produjo durante ése trayecto se lo denomina **línea**. Recibe entonces otra información que le dice que se desplace nuevamente hacia la izquierda (pulso de retrazado)

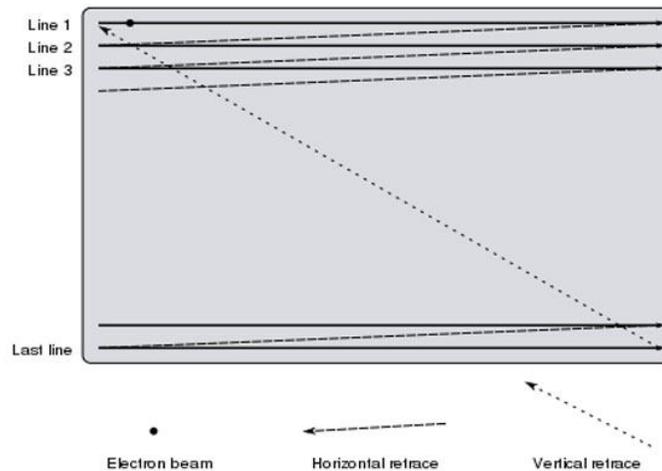
Cada vez que finaliza la exploración de una línea, el haz está recibe una información que le dice que se desplace hacia abajo, la línea a ser explorada no es la misma, sino que está por debajo de la primera.

Ésta acción es repetida hasta que llega al extremo inferior izquierdo del tubo. En ése momento el haz de exploración recibe el pulso de retrazado vertical, que le da la orden de situarse nuevamente arriba a la izquierda del tubo de cámara.

Tenemos así cuatro pulsos de guía, dos en sentido horizontal, el de trazado y el de retrazado. Y dos en sentido vertical, el de trazado y el de retrazado. Durante la duración de éstos pulsos, no existe información de imagen transmitida. En realidad los pulsos de trazado y retrazado son conformados por una sola señal eléctrica en forma de diente de sierra como se aprecia en (b).



Para que el sistema receptor componga la imagen con todas las líneas en la misma secuencia en la que fue compuesta en la cámara, necesita la información de esos pulsos. La misma es añadida a la información de imagen de cada línea y al conjunto de líneas de que componen un cuadro (o del inglés: **raster**). Para ello, en el momento del retrazado, se transmiten los **pulsos de sincronismo**.



Al pulso que le informa cuando una línea está completa, y que por lo tanto debe volver al extremo izquierdo se le denomina **pulso de sincronización horizontal** y al pulso que le dice que debe volver al extremo superior de la pantalla se lo denomina **pulso de sincronización vertical**.

Completado el proceso de exploración de las líneas totales de un **cuadro**, el haz no regresa exactamente al extremo superior izquierdo, sino que lo hace a la posición espacial entre la primera y la segunda línea del primer cuadro (exactamente al medio de la línea), y repite en forma similar la construcción del primer cuadro.

Tenemos así un sistema entrelazado, en el primer cuadro son transmitidas las líneas impares, y en el segundo las líneas pares. Al conjunto de dos cuadros se lo denomina **campo**.

La información transmitida desde el material fotosensible del tubo de cámara, ya sea desde los antiguos orthicon a los modernos CCD, consiste en la variación de luz línea a línea, es decir la imagen a ser mostrada, junto con los pulsos de sincronismo, que suministran al monitor de tv o receptor en qué orden deben ser mostradas las mismas.

Como norma estándar, el voltaje de la información de video es de 700 mili volts, correspondiendo el negro al cero de tensión y a 700 mili volts al blanco de la imagen.

Al agregarle los pulsos de sincronismos, como se ve en la figura 2, se asume como norma que la información de video es denominada la parte positiva de la señal, y a los pulsos de sincronismo la parte negativa de la señal.

El valor pico a pico de la señal es de entonces de 1 Volt pico a pico, y es el valor tomado como norma en todos los puntos de interconexión de video.

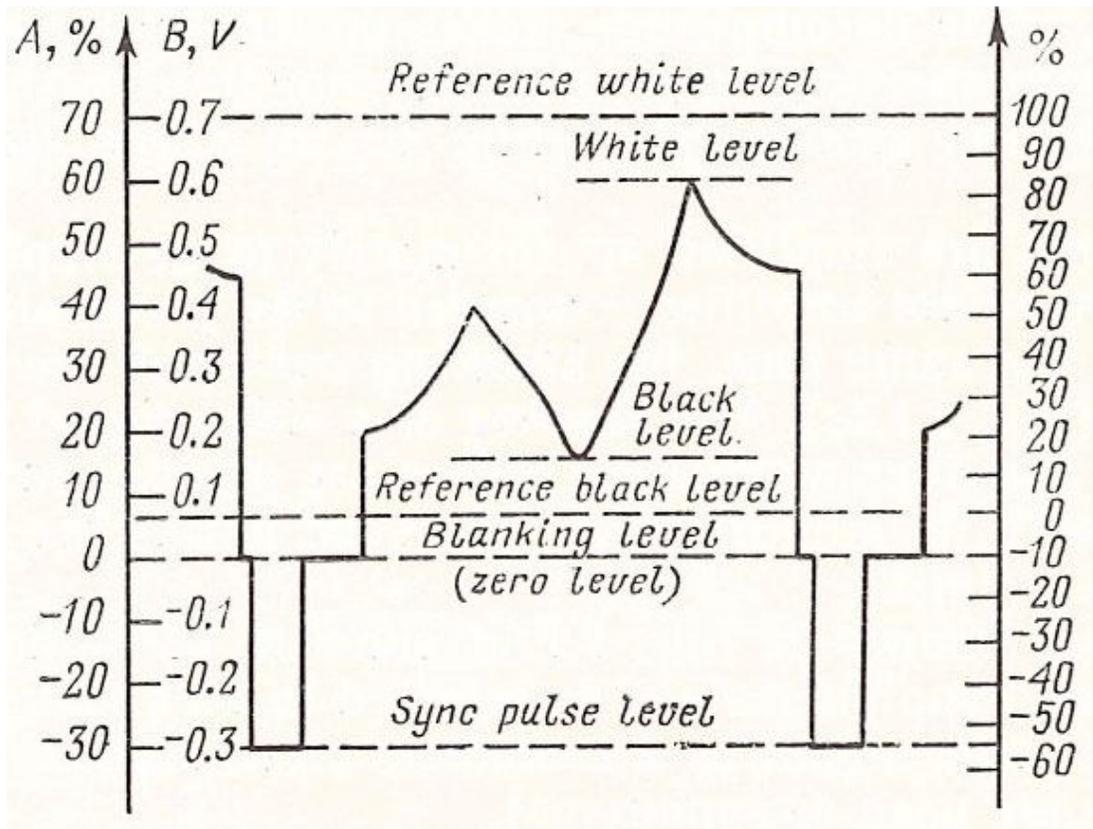


Figura 2. Señal de TV con sus distintos valores característicos.

En el caso de las cámaras de color, no existe un único haz de exploración, sino tres trabajando en forma sincrónica, uno para cada uno de los colores primarios en mezcla aditiva: Rojo, Verde y Azul. (En adelante RGB).

El proceso de composición de la señal es un poco más complicado entonces, por un mismo conductor deben ser enviadas tres informaciones. Y si bien no es una cuestión demasiado importante en nuestros días, al momento de la creación de la televisión en color debía poder ser compatible con los receptores monocromáticos. Debe quedar entonces invariable la señal de la Figura 2 para ellos, ya que es la única que pueden mostrar.

Si bien existen tres sistemas de color mayormente aceptados, a saber NTSC, PAL y SECAM, existen más de 15 variaciones de los mismos y es muy común que se confundan PAL-N con PAL-B como si fueran dos sistemas de color distintos.

La tabla siguiente, que luego será explicada en su versión completa, muestra los distintos estándares de TV, que fueron creados para adaptarse a las necesidades de cada país o región, antes de la televisión en color. Por ejemplo, nótese que el estándar N que fue adoptado por Argentina, data de 1951, más de 25 años antes de que se especificara un sistema de color para nuestro país.

World analog television systems

Standard	Introduced	Lines	Frame rate
A	1936	405	25
B	1950	625	25
C	1953	625	25
D	1948	625	25
E	1949	819	25
F		819	25
G		625	25
H		625	25
I	1962	625	25
J	1953	525	30
K		625	25
K'		625	25
L	1970s	625	25
M	1941	525	30
N	1951	625	25

Además, también es de notar que aparte del estándar A de 405 líneas utilizado en los albores de la TV en 1936 en Inglaterra (ya fuera de uso), y del E de 819 líneas utilizado en Francia, el resto son de 525 líneas y 30 campos por segundo, o de 625 líneas y 25 campos por segundo.

El hecho de que sean 30 campos o 25 campos es determinado por la frecuencia de la alimentación de energía eléctrica de cada región. Ya que según lo expuesto anteriormente, un campo está formado por dos cuadros, y entonces hay 60 o 50 cuadros por segundo. En los antiguos televisores monocromáticos, las fuentes de alimentación no estaban bien reguladas y, por lo tanto, una leve des-sincronización con la frecuencia de la red producía distorsiones en la pantalla en forma de barra (Hum), y era entonces importante que la frecuencia de cuadro coincidiera con la de la línea eléctrica.

Este tipo de variaciones en los estándares, hace que sea necesario, por ejemplo, que Argentina y Brasil tengan ambos un sistema de color PAL, pero como los dos países tienen distinta frecuencia de campo, será uno PAL-N para Argentina, y PAL-M para Brasil. Sin embargo, ambos son PAL.

Esta diferencia, condiciona toda la composición de la señal de color, no en sus componentes, ya que ambos nacen en una cámara RGB, sino en cómo va a ser organizada la información en un solo conductor de los tres colores. Específicamente su distribución de frecuencias dentro de la señal.

A nivel de Banda Base o de señal de video, sólo hay dos frecuencias de campo entonces. Y a nivel de formas de transmitir la información de color, sólo son usados mayormente tres sistemas: NTSC, PAL y SECAM.

Todas las otras variaciones (PAL-B; PAL-G; PAL-I; SECAM K; SECAM H; etc.) Son producidas por el hecho de que al asociar el audio a la señal de video, ésta debe ubicarse dentro del ancho de banda disponible en el canal de radiofrecuencia, que varía según la región. **Ver Apéndice 1 al final.**

En nuestro caso, a nivel de banda base, se utilizarán conductores separados para la información de audio y video. Y ya en el plano de la televisión digital, hay dos streams diferenciados para el audio y el video, lo cual elimina todas éstas diferencias.

Resolución en televisión y factor de Kell. Ancho de banda de video.

En 1940, Ray Davis Kell evidenció que el telespectador percibe una resolución inferior a la real. Una buena señal PAL ofrece tan solo 400 líneas de resolución vertical a pesar de que tiene 576 líneas activas.

En el desarrollo de la televisión en color (NTSC, PAL o SECAM) se tuvieron en cuenta la relación de aspecto (4:3), la distancia de visión (6 veces la altura de la pantalla en PAL y 7 veces la altura de la pantalla en NTSC), la agudeza del ojo (aproximadamente un minuto de grado o 0,002907 radianes) y la sensibilidad del ojo al color (el verde se percibe con mayor brillo que el rojo y el azul)

El número de líneas (N), en función de la agudeza (0,002907 radianes) y de la distancia de visión (6 en PAL y 7 en NTSC), es entonces:

Se obtiene un valor de 572,7 líneas en PAL y 490,9 líneas en NTSC. A través de éstas necesidades se desarrollaron el NTSC con 525 líneas totales y el PAL con 625 líneas totales.

Los estándares de televisión de alta definición requieren distancias más cortas para ver los detalles más finos. En ambos sistemas la distancia de visión es de 3 en lugar de 6 o 7.

A través de las investigaciones de Kell se desprende que el telespectador visualiza una resolución subjetiva inferior a la objetiva (real). A la relación entre ambas se la denomina factor de Kell o relación de utilización. El factor de Kell toma en consideración efectos psicovisuales, en donde el cerebro resuelve menos información de la que existe en realidad. En los sistemas de exploración entrelazada el factor de Kell es 0,7 y en los de exploración progresiva es de 0,9.

A raíz de la aparición de la televisión digital se ha observado la importancia del factor de Kell o relación de utilización, que evidencia que la exploración progresiva es preferible a la entrelazada.

En NTSC, también conocido como 480i (la "i" es por interleaved o entrelazado), se utiliza un sistema de exploración de 525 líneas totales y 480 líneas activas, pues 45 líneas, que no son visibles, se utilizan para el borrado. Por lo tanto en NTSC el espectador tan sólo percibe 336 líneas (330 líneas, redondeando).

En PAL, también conocido como 576i, se utiliza un sistema de exploración de 625 líneas totales y 576 líneas activas, pues como ya se dijo, 49 líneas se usan para el borrado, y por lo tanto el espectador percibe 403,2 líneas (400 líneas redondeando). Las 400 líneas de PAL corresponden a la resolución vertical, es decir, la habilidad del sistema para definir las líneas horizontales de la

imagen. Se desprende, por lo tanto, que el PAL ofrece una resolución de un 21,2% superior al NTSC.

En PAL, para mantener una resolución espacial idéntica tanto en sentido vertical como horizontal y teniendo en cuenta que la relación de aspecto es 4:3, la resolución horizontal (la habilidad del sistema para definir las líneas verticales de la imagen) debe ser de 533,3 líneas (530 líneas redondeando). Estas 530 líneas de resolución horizontal equivalen a una sucesión de 265 puntos blancos y 265 puntos negros a lo largo de una línea horizontal.

Las 530 líneas de resolución horizontal se expresan comúnmente como 530 LTV (Líneas de TV). Para que el espectador perciba 530 LTV, y tomando en cuenta un tiempo activo de línea de 52,5 microsegundos, se requiere un ancho de banda de 5 Megahertz.

Los viejos formatos analógicos (no profesionales) de sobre medios magnéticos cinta, por trabajar con una banda pasante más reducida, ofrecían menos resolución. El VHS ofrecía 240 LTV y el S-VHS y el Hi8, 380 LTV.

El ojo humano y la percepción de color

El ojo humano tiene dos tipos de células sensibles a la luz o foto-receptores, los bastones y los conos, éstos últimos son los encargados la información de color. Se presentan en tres tipos diferentes: un tipo de conos reaccionan frente a la longitud de onda de la gama central del espectro (verdes), un segundo grupo reaccionan ante la gama de los tonos rojos, y un tercer tipo de conos, son excitados por la banda de los tonos azules. Los conos que reciben la información del verde y el rojo tienen una curva de sensibilidad similar, sin embargo, la respuesta al color azul es una veinteava parte de la respuesta a los otros dos colores.

Esta es la razón principal para que en televisión se hayan elegido colores primarios como el rojo (R), verde (G), y azul (B). De esta forma no hay pérdidas en el tratamiento de la imagen puesto que los colores primarios siguen existiendo como tal en su transmisión. Por contrapartida, mediante este sistema se está transmitiendo mucha información redundante, con el consiguiente aumento del ancho de banda respecto a otros métodos de transmisión. Como por ejemplo, el hecho de que cada color lleve el brillo de toda la imagen, de forma que ésta información está por triplicado.

Para corregir este problema, se utiliza el modelo YPbPr, que es una derivación del espacio de color YUV. YPbPr codifica una imagen RGB en tres componentes.

Luminancia (Y): Es el componente de brillo de la imagen, o la cantidad de blanco y negro de la misma. Es la componente de mayor ancho de banda a transmitir, dado que el ojo humano tiene muchos más bastones que conos conectados a un mismo terminal nervioso, y por lo tanto es mucho más sensible a las variaciones de luz que a las de color.

Diferencia de color azul (Pb): Es el componente resultante de restar a la luminancia el color azul.

Diferencia de color rojo (Pr): Es el componente resultante de restar a la luminancia el color rojo

Se puede observar que no hay un componente de diferencia de color verde debido a que éste color puede recomponerse a partir de la información del resto de las señales. El motivo de que se haya escogido omitir el verde y no otro es porque este color requiere más ancho de banda para transmitirse dado que el ojo humano es más sensible a la percepción del verde.

Composición de una señal TV color

De RGB a YPbPr

El gráfico siguiente resume paso a paso como se va conformando la señal de video:

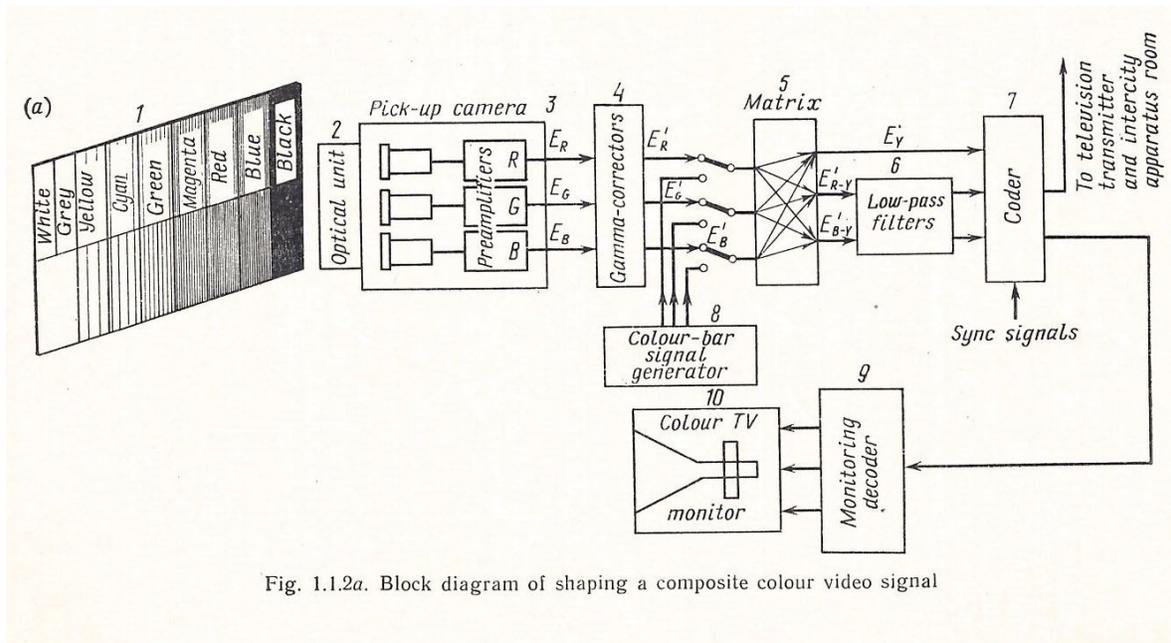


Fig. 1.1.2a. Block diagram of shaping a composite colour video signal

La imagen (1) tomada por la unidad óptica de la cámara (2) es recogida por el Pick-up o tubo de imagen, que actualmente es un CCD, explorada tal como se ha descrito anteriormente.

Cada componente RGB genera tres señales E_R , E_G y E_B (3) y es entonces modificada por un corrector gamma (4).

La corrección gamma, también llamada función de transferencia eléctrica óptica (EOTF), corrige el hecho de que la transición de blanco al negro en el sistema compuesto por: la cámara, el monitor y por último el ojo humano, no es lineal con respecto a la señal a la salida de cada componente en

(3). La gamma también puede ser definida como la relación entre la señal de entrada (la eléctrica) y la cantidad de luminancia en la pantalla (la óptica).

La codificación gamma de imágenes es necesaria para compensar ciertas propiedades de como la visión humana percibe la luz y el color. La visión humana bajo condiciones habituales de iluminación, es decir ni completamente oscuro ni cegadoramente brillante, sigue aproximadamente una función del tipo gamma. Si las imágenes no están codificadas con gamma entonces los contenidos de imagen más brillantes aparecen con demasiada luz para ser diferenciados, y lo mismo ocurre con los contenidos más oscuros, a partir de cierto nivel de oscuridad, todo nivel que sea más oscuro que éste, deja de ser percibido.

Normalmente la expresión a utilizar es:

$$E'_R = kE_R^{1/\gamma}; \quad E'_G = kE_G^{1/\gamma}; \quad E'_B = kE_B^{1/\gamma}$$

Y un ejemplo gráfico de su utilización es:



El generador de barras de color (8) suprime actualmente la necesidad de utilizar el "chart" de referencia de colores (1). Actualmente está incorporado en las cámaras.

Las tres señales E'_r , E'_g y E'_b modificadas por la función gamma pasan entonces ahora a la matriz (5) en donde se hace una suma algebraica de cada componente y se obtiene lo siguiente:

$$E'_Y = 0.299E'_R + 0.587E'_G + 0.114E'_B$$

$$E'_{R-Y} = E'_R - E'_Y \quad E'_{B-Y} = E'_B - E'_Y$$

E'_Y es lo que garantiza la compatibilidad antes mencionada con los monitores monocromáticos y es llamada **señal de luminancia** o simplemente **Y**

E'_{R-Y} es la resta entre la componente R y la señal de luminancia y es la **componente V**, una de las señales que transportará el color. Análogamente E'_{B-Y} es la resta entre la componente B y la señal de luminancia y será la segunda **componente U** que transportará la información de color.

Tenemos entonces la información de color en dos señales, y la señal de luminancia que nos asegura la compatibilidad con monitores monocromáticos. En los monitores de color hay una matriz que hace el proceso inverso a (5) y entonces son recuperadas las componentes R, G y B.

Las componentes U y V son entonces pasadas por un filtro pasabajos (6). Como el ojo humano es menos sensible a las variaciones de color que a las variaciones de luminancia, se aprovecha esta propiedad para reducir el ancho de banda de la información de color.

El codificador (7) es quien permite entonces el proceso final de que la señal con tres informaciones diferentes viajen por un solo conductor. U y V pasan a modular una frecuencia llamada comúnmente **subportadora de color**, pero lo hacen de una manera particular, como se verá más adelante.

Para comprender como las tres informaciones, la luminancia y las dos informaciones de crominancia, son combinadas en un solo conductor es necesario hacer alguna consideración previa de como es la señal Y en lo que respecta a su espectro de frecuencias.

La distribución espectral de una señal de TV **no es continua**, tiene componentes de frecuencias discretas, a múltiplos de las frecuencias de línea y de campo. Siendo las de mayor amplitud precisamente las de la frecuencia de campo y de línea y disminuyendo en amplitud a medida que

aumenta la frecuencia dentro del ancho de banda permitido para el canal. Alrededor de cada línea espectral de un armónico de la frecuencia horizontal o de línea se agrupan una cantidad de componentes espectrales, separados entre sí por intervalos iguales a la frecuencia de campo. Es posible que los componentes espectrales alrededor de un armónico de la frecuencia de línea se superpongan con los de un armónico adyacente, en imágenes con líneas estriadas aproximadamente paralelas a las líneas de barrido, fenómeno al que se designa como **confusión entre componentes**. En los sistemas de color en que las componentes de luminancia y crominancia ocupan la misma región espectral, aunque parcialmente solapadas entre sí, la confusión entre componentes puede producir bordes pronunciados en los colores, que es necesario eliminar mediante filtros capaces de separar claramente las señales de luminancia y las de crominancia. Tales filtros, llamados **filtros de peine** o **comb filters**, pueden eliminar este efecto excepto en la direcciones diagonales. La mayor parte de la energía de la señal Y se concentra en la región de las bajas frecuencias, característica aprovechada en los sistemas de compresión de imágenes.

Aprovechando entonces esta discontinuidad en el espectro y el hecho de que la mayor parte de la energía de la señal se encuentra en la zona de bajas frecuencias, la información de color se situará en la zona de alta frecuencia del ancho de banda disponible. El transporte de las informaciones de crominancia entonces es llevado a cabo por la **sub-portadora de crominancia**.

La frecuencia de la misma es entonces de un valor muy preciso, para que sus componentes espectrales se intercalen lo más posible con las componentes espectrales de la luminancia Y.

En el caso del NTSC será: $F_{sc} = (455/2) * F_h = 3,579545 \text{ Mhz.}$

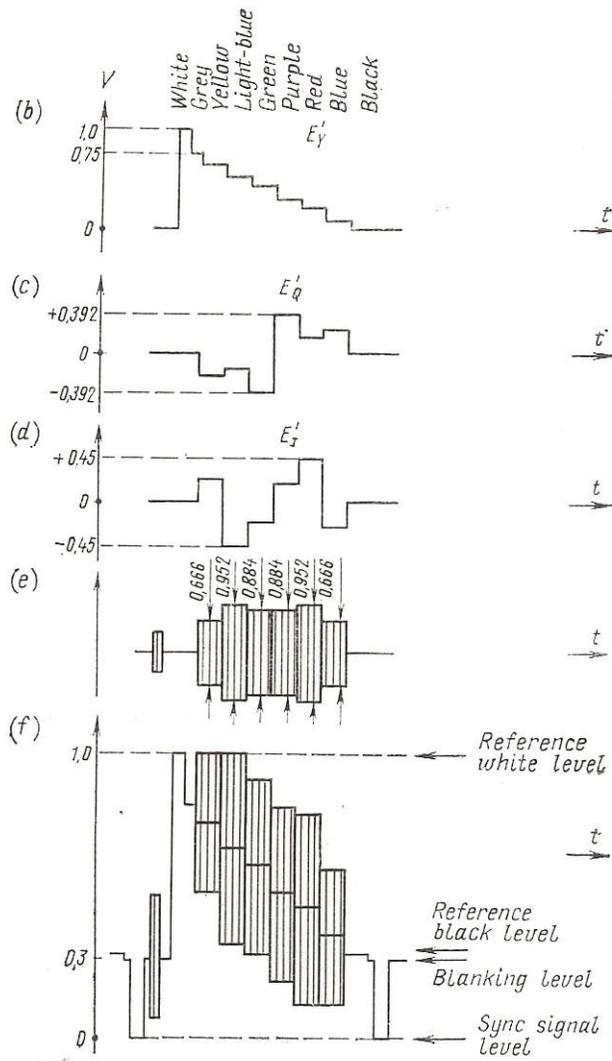
Y en el caso del PAL: $F_{sc} = ((1135/4) + (1/625)) * F_h = 4,43361875 \text{ Mhz.}$

En donde F_h es la frecuencia de línea para cada sistema.

En NTSC, la crominancia es codificada usando dos señales de color conocidas como **I (In-Phase)** y **Q (in quadrature)** modulando a la sub-portadora de color en un proceso denominado **QAM** o **modulación en cuadratura de fase**. Cada una de las dos señales modulan una sub-portadora de 3.579545 Mhz. que están desfasadas entre sí a 90 grados. El resultado de ambas modulaciones es sumado suprimiendo la portadora en cada uno de los casos. El resultado es una onda sinusoidal con una variación relativa de fase con respecto a la portadora y de amplitud variable. La variación de fase representa a qué color ha sido capturado por la cámara (Hue) y la amplitud representa la saturación de ese color.

A la señal de video entonces se le agrega la información de color en forma de una sub-portadora modulada en amplitud y fase relativa a la fase de la sub-portadora original. Y además, ocho o nueve ciclos de esa misma sub-portadora sin modificar, que es la referencia necesaria para que en receptor se puedan comparar las fases respectivas, la original y la modulada en amplitud y fase. A esta parte de la señal agregada en el púlpito posterior del sincronismo de línea, se la denomina **burst** o también **sincronismo de color**.

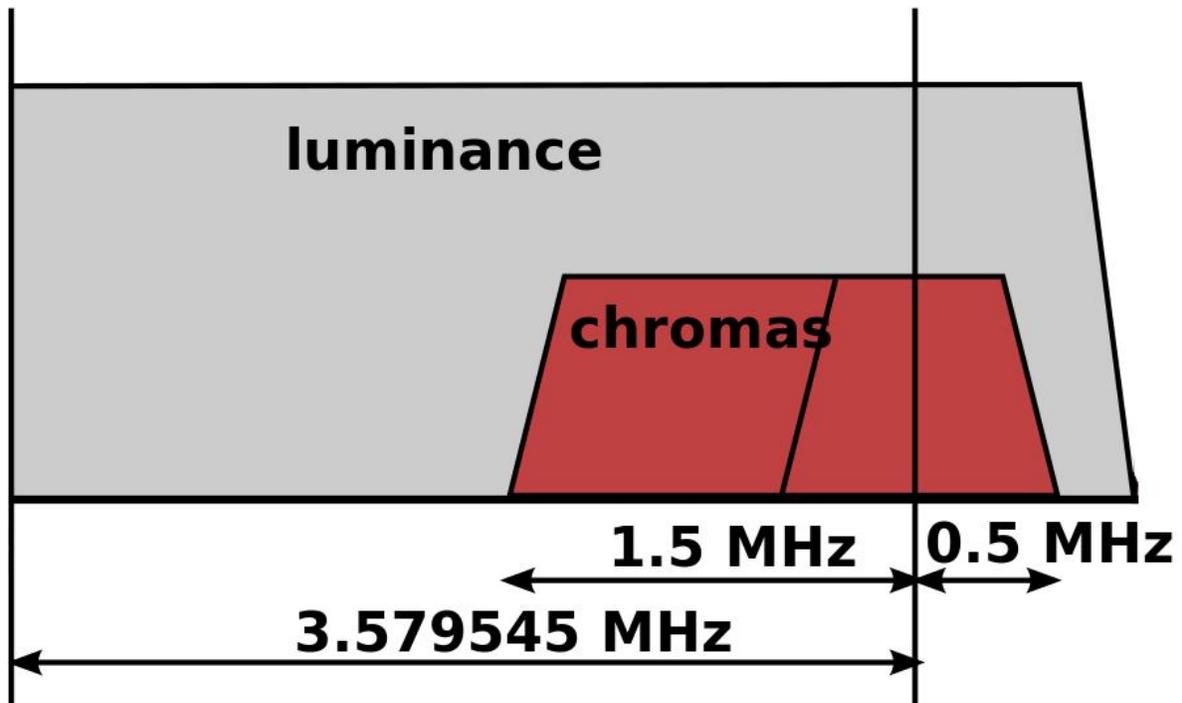
Diagrama de una señal NTSC



Señales de una señal de video compuesto NTSC, en donde:

b) Luminancia Y; c) Señal Q; d) Señal I; e) Señal de Crominancia; f) Señal de video compuesto

El diagrama de amplitud frecuencia muestra a la señal de luminancia con las dos sub-portadoras de color dentro de ella (en una modulación con banda lateral vestigial), pero como aprovechan la discontinuidad de espectro de luminancia, ambas señales no se interfieren entre sí:



Una de las mayores desventajas del NTSC, es que se produce un desfase de color en el receptor, si se envía un color específico desde una emisora, en el receptor esa señal puede llegar con un color levemente diferente. Esto se debe a problemas ocasionados durante la transmisión o también por interferencias en el enlace entre el transmisor y el receptor.

Coloquialmente se llamaba al NTSC (National Television System Committee) como "**N**ever **T**he **S**ame **C**olour" (Nunca el mismo color) debido a este problema.

Este inconveniente es solucionado en el sistema PAL (**P**hase **A**lternating **L**ine), el nombre hace referencia a como la señal de crominancia es transmitida, siendo invertida en fase en cada línea, permitiendo la corrección automática de los posibles errores en fase al cancelarse entre sí.

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 mostrar en pantalla el valor medio de una línea y la siguiente, dado que el posible error de fase existente entre ambas será contrario. De esta forma, en lugar de apreciarse dicho error como un corrimiento de tono, como ocurría en NTSC, se aprecia como un ligero defecto de saturación de color, que es mucho menos perceptible por el ojo humano. Las líneas en las que la fase está invertida a cómo se transmitirían en NTSC se llaman a menudo líneas PAL, y a las que coincidirían líneas NTSC.

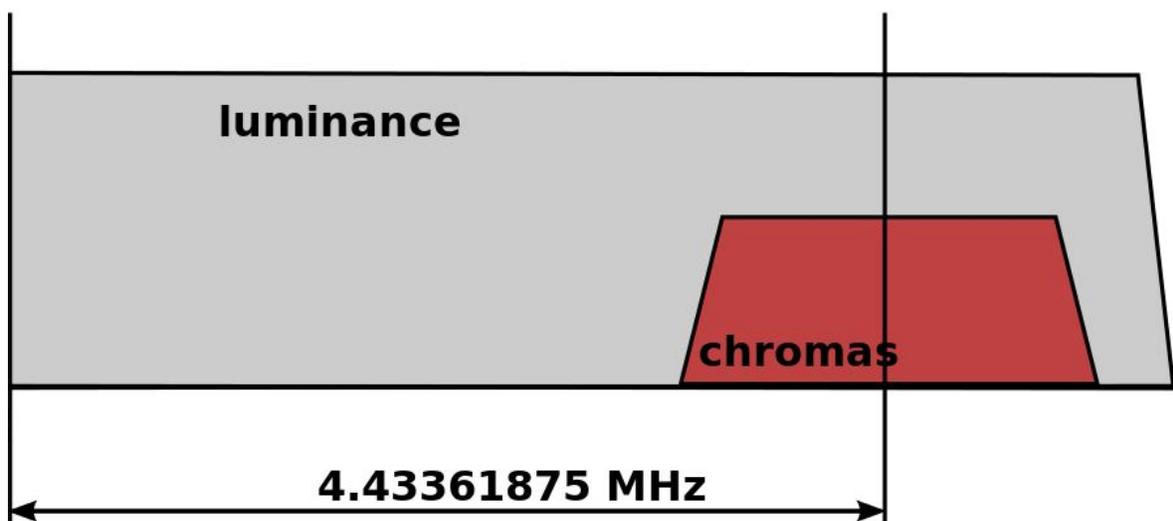
Si bien los primeros receptores PAL aprovechaban las imperfecciones del ojo humano para cancelar los errores de fase, sin la corrección explicada anteriormente (toma del valor medio), esto daba lugar a un efecto muy visible de "peine" si el error excedía los cinco grados. La solución fue introducir una línea de retardo en el procesamiento de la señal de luminancia de aproximadamente 64

microsegundos, que sirve para almacenar la información de crominancia de cada línea recibida. La media de crominancia de una línea y la siguiente es lo que se muestra por pantalla.

Esta solución reduce la resolución vertical de color en comparación con el 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.

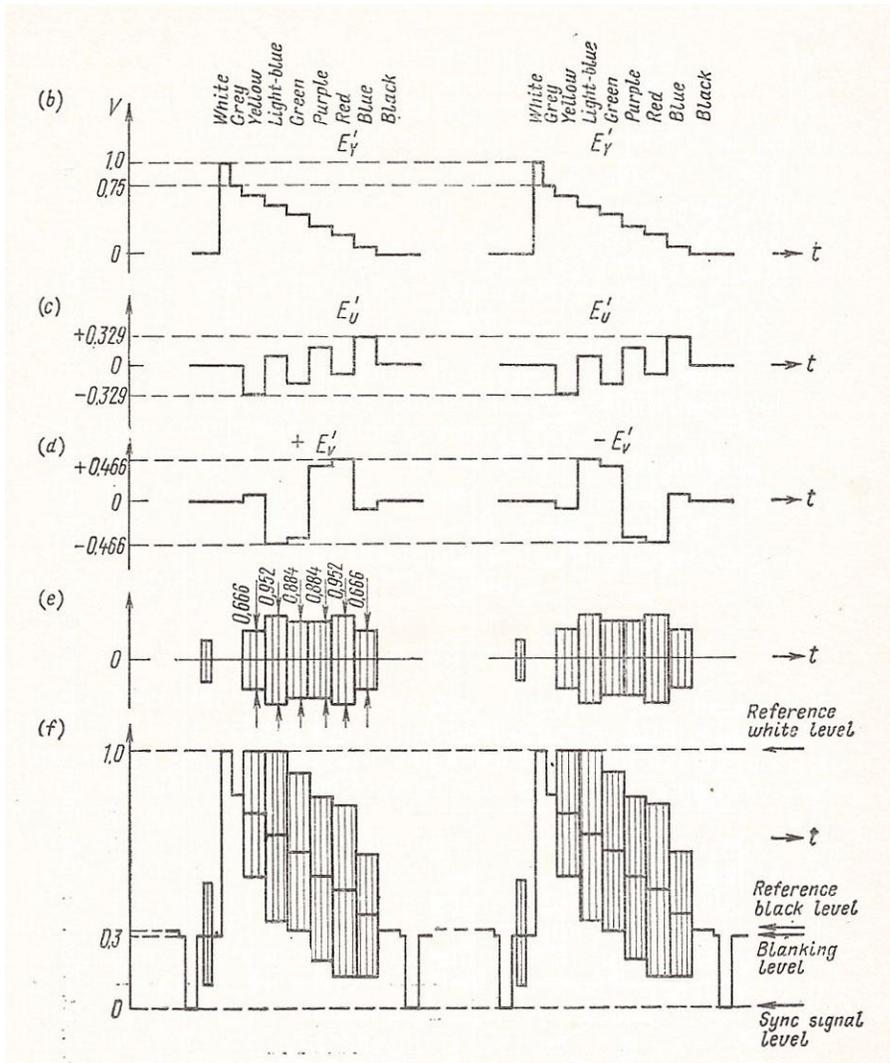
El sistema NTSC puede ser técnicamente superior en aquellos casos en que la señal es transmitida sin variaciones de fase por los errores antes descritos, sin embargo el sistema PAL tolera mayores errores de transmisión.

El ancho de banda de una señal PAL será entonces:



El ancho de banda efectivo de video es ahora de 5 Mhz. en el caso del PAL-B, pudiendo llegar a los 6 Mhz. como en el caso del PAL-D, PAL-K o PAL K'. o reducirse a 4.2 Mhz como en el caso del PAL-M. Sin embargo no es una característica del sistema de color, sino del estándar de TV de cada región.

En argentina, todo el proceso de creación de imagen, desde la cámara, pasando por todos los trabajos de post-procesado son en PAL-B. La conversión a PAL-N se realiza únicamente antes de entrar al transmisor final, en donde el ancho de banda de video es limitado a 4.2 Mhz. y la subportadora se transforma de 4.433618 a 3.582056 Mhz.



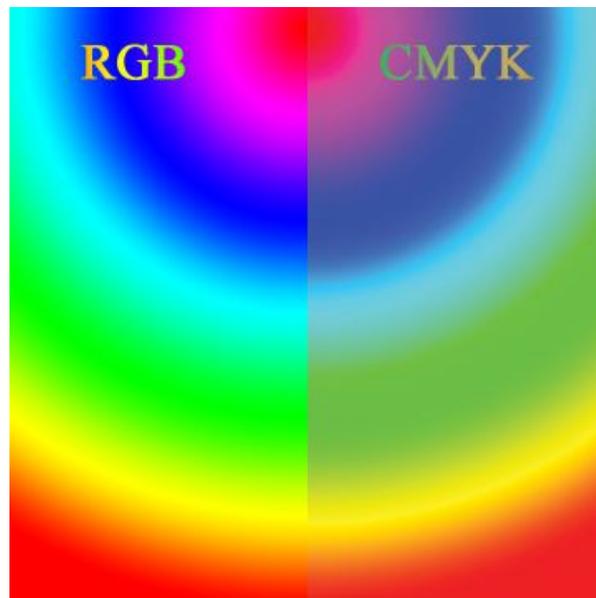
Componentes de una señal PAL, nótese que se muestra como en d) E'_V o componente V es la que invierte la fase línea a línea.

Espacio de Color y Gamut

Así como el ojo humano es capaz de ver sólo una parte del espectro electromagnético, comúnmente denominado como luz visible, un sistema electroóptico sólo será capaz de reproducir fielmente una parte de esa luz visible. Así entonces, no todos los colores existentes podrán ser representados o transmitidos.

Existen entonces sistemas que tienen diferentes capacidades para representar ése rango o **Espacio de Color**. En el caso que nos ocupa, los colores están formados por una mezcla aditiva, es decir que sumando R, G y B se obtiene blanco. Por otra parte, en una impresora, la mezcla es sustractiva, dado que para representar el color negro se necesitará amarillo, magenta y Cian.

Sin embargo, a pesar de que a simple vista los colores podrían parecer iguales, existe una gran diferencia, como se observa en la siguiente figura:



El **gamut** será entonces el rango de colores dentro del espacio de color que es capaz de reproducir el dispositivo que genera una imagen.

Normalmente el gamut de un espacio de color se dibuja dentro de un diagrama CIE 1931, con forma de herradura, en el que está representado todo el espectro de colores que el ojo humano puede ver. Dentro de este diagrama de todos los colores el gamut queda definido por un triángulo en cuyos vértices se tienen los tres colores primarios, rojo, verde y azul, y en cuyo centro se tiene el blanco. En los vértices del triángulo están los colores más saturados y van perdiendo saturación conforme se acercan al centro. En video y cine digital se usan espacios de color que tienen sus propios gamuts y que son diferentes a los que se usan para una imagen fija (sRGB, Adobe RGB, etc.), vamos a ver cuáles son sus gamuts.

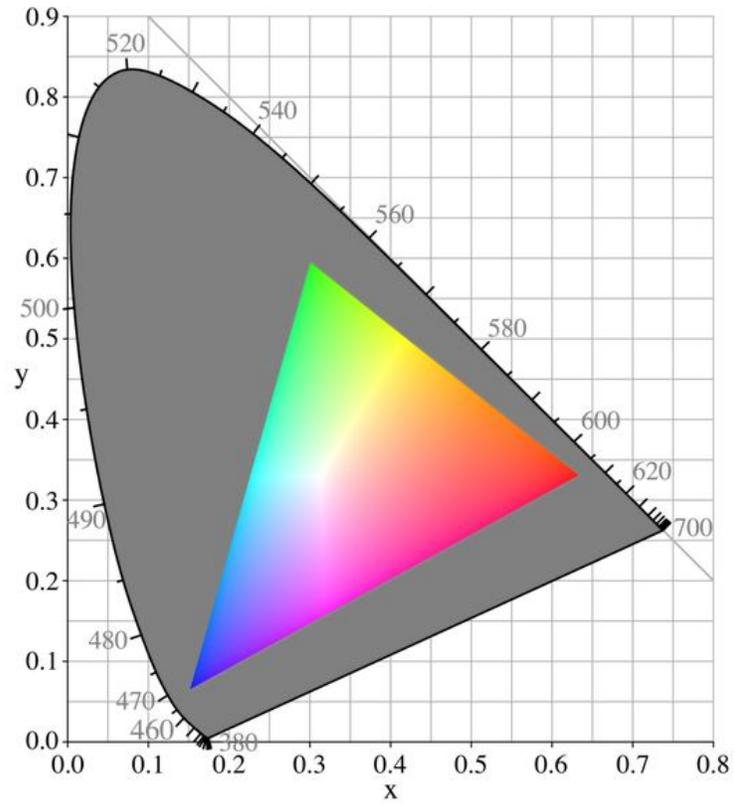


Figura 1. Espacio de color sRGB dentro del diagrama de color CIE 1391

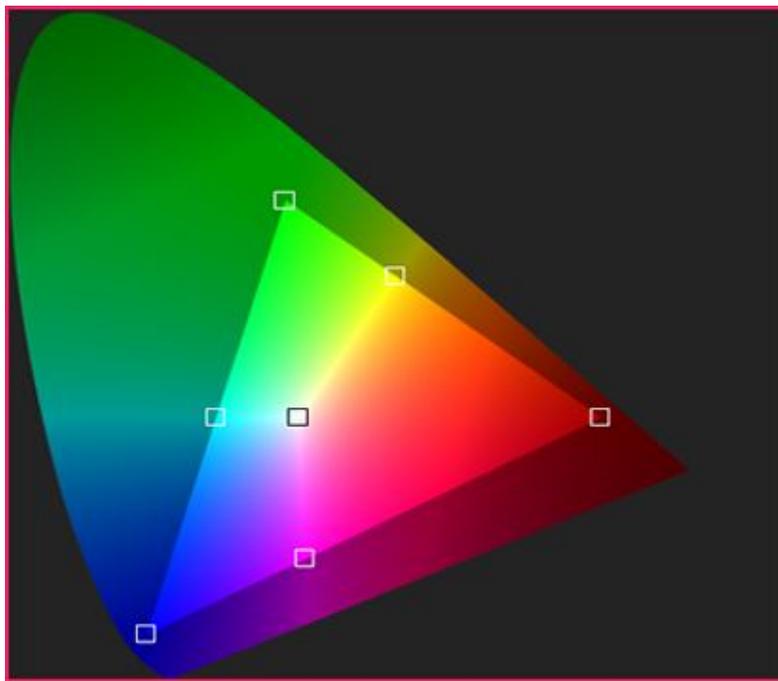


Figura 2. Espacio de color sRGB, el más utilizado para una imagen fija.

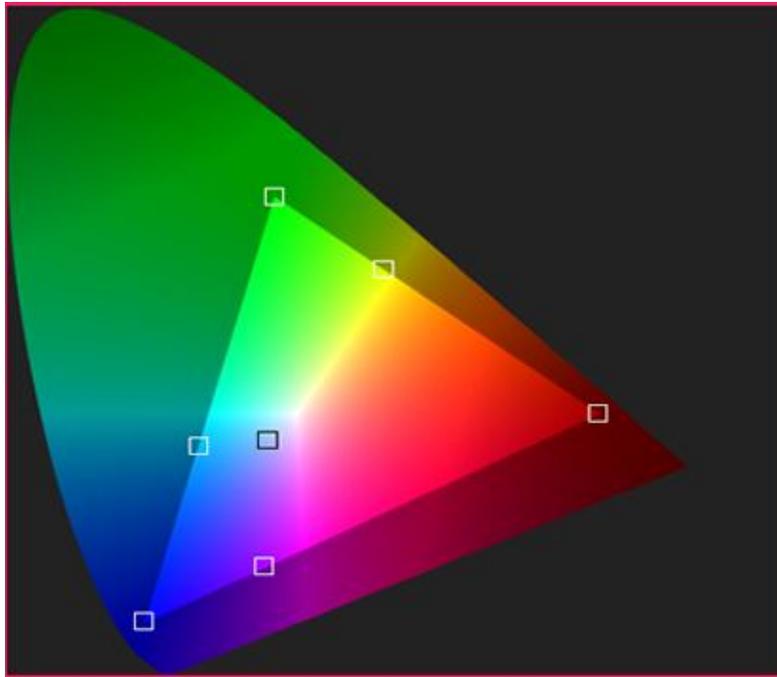


Figura 3. Espacio de color PAL/SECAM, muy similar al sRGB.

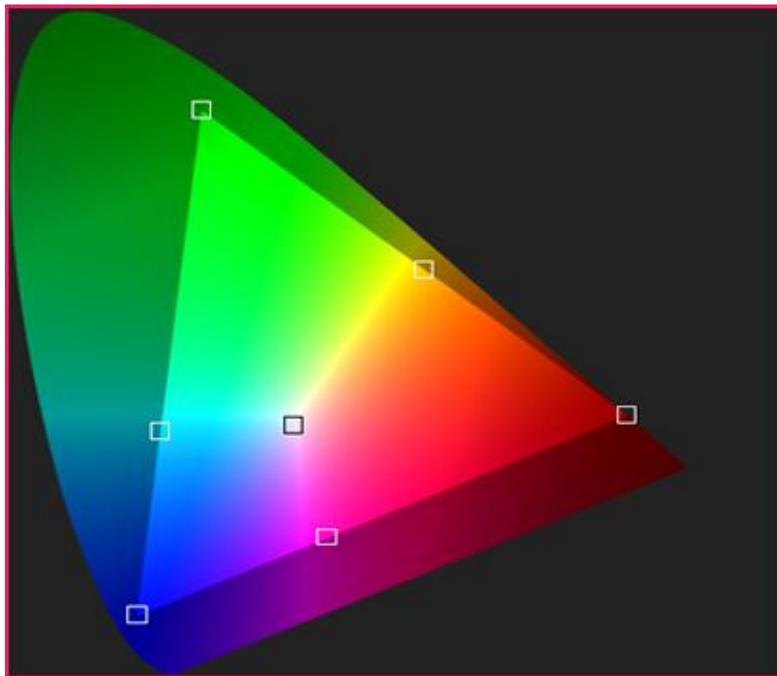


Figura 4. Espacio de color de NTSC (1953).

En los últimos años se ha sustituido por el SMPTE C, para aproximarlos a los estándares europeos (PAL/SECAM) y al Rec. 709 utilizado en HD. El gamut de este espacio de color era muy amplio, sobre todo en la zona de los verdes.

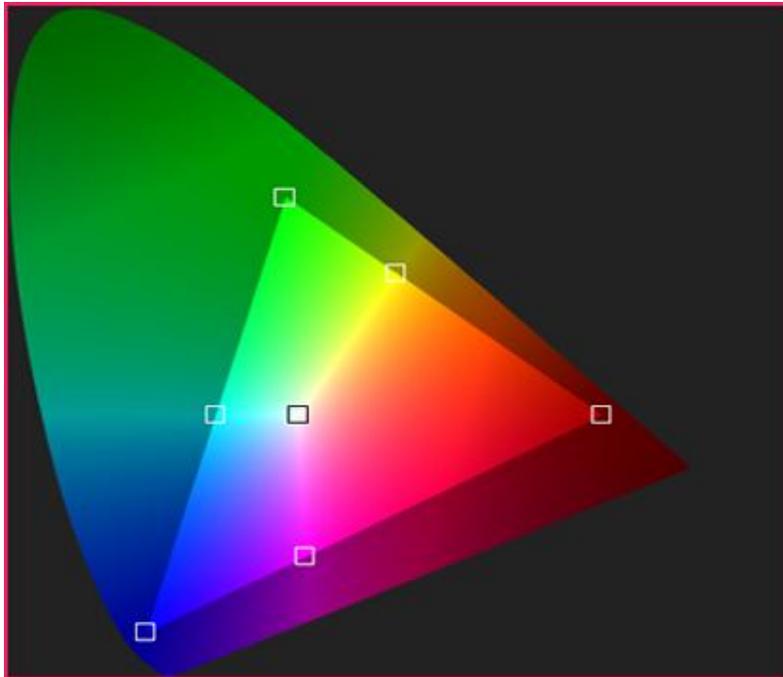
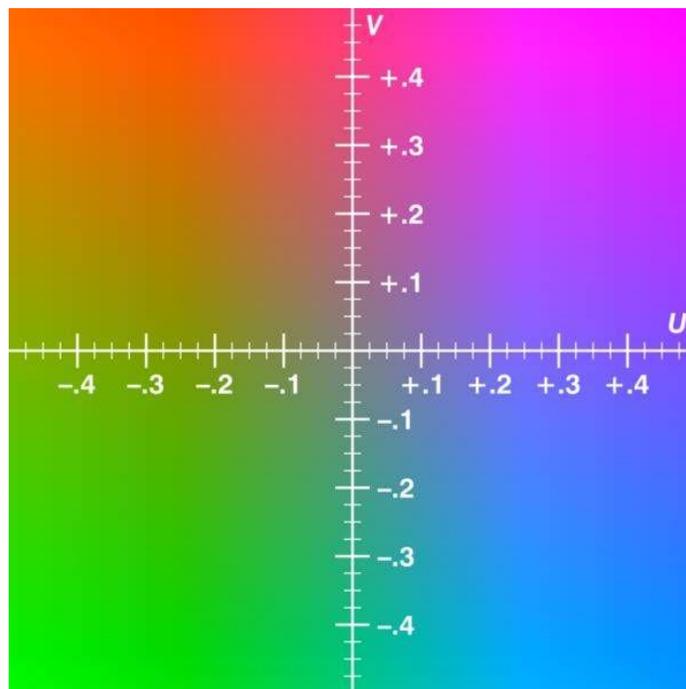


Figura 5. Espacio de color Rec. 709

Es el utilizado en HD en todo el mundo, unificando criterios, su gamut es muy similar al SMPTE C. Es el espacio de color de referencia para todos los trabajos en video actualmente.

Tanto en televisión analógica como digital se utiliza el espacio de color YUV (YIQ para NTSC), no solo porque hubo que mantener la compatibilidad con monitores monocromáticos, sino porque es mucho más eficiente que RGB.



En efecto, como ya se ha mencionado, el ojo humano es mucho más sensible a las variaciones de luminancia que a las variaciones de color, lo que permite que en televisión analógica se emplee un ancho de banda más reducido para la información de color que para la de luminancia, sin que la calidad de la imagen se vea afectada.

En el caso de la televisión digital, de cada 8 muestras a digitalizar: 4 serán para Y, 2 para U y 2 para V, lo que se denomina YUV 4:2:2 para abreviar.

Si se tomasen YUV 4:4:4 se estaría enviando al sistema de transmisión información innecesaria, ya que el ojo humano no puede diferenciar YUV 4:2:2 de YUV 4:4:4.

Otra ventaja es que algunos algoritmos de compresión de imagen ya soportan YUV para su procesamiento de compresión, por lo cual no es necesario reconvertir la señal a RGB.

Apéndice 1

Las Home Computers, los estándares de TV y los sistemas de color.

Los distintos estándares de tv y los sistemas de color inician su numerosa y a veces incomprensible familia al sumar a una misma señal dos componentes: la de video propiamente dicha y la información de audio. Ambas deben modular a una misma onda portadora que en definitiva va a ser la que el receptor de televisión sintonice en su respectivo canal.

Según sea el sistema adoptado, cada país región adopta un ancho de banda para cada canal, en el cual viene la portadora de video y la de audio. En el cuadro vemos algunos ejemplos:

Standard	Introduced	Lines	Frame rate	Channel bandwidth	Video bandwidth (MHz)	Vision sound carrier separation (MHz)	Vestigial sideband (MHz)	Sound modulation	Frequency of chrominance subcarrier (MHz)	Usual color
A	1936	405	25	5	3	-3.5	0.75	AM		none
B	1950	625	25	7	5	+5.5	0.75	FM		PAL/SECAM
D	1948	625	25	8	6	+6.5	0.75	FM		SECAM/PAL
G		625	25	8	5	+5.5	0.75	FM	4.43	PAL/SECAM
H		625	25	8	5	+5.5	1.25	FM	4.43	PAL
I	1962	625	25	8	5.5	+6.0	1.25	FM	4.43	PAL
K		625	25	8	6	+6.5	0.75	FM	4.43	SECAM/PAL
K'		625	25	8	6	+6.5	1.25	FM		SECAM
M	1941	525	30	6	4.2	+4.5	0.75	FM	3.58	NTSC
N	1951	625	25	6	4.2	+4.5	0.75	FM		PAL

Tomemos por caso el PAL-I utilizado en el Reino Unido, es un standard introducido en 1962, utiliza 625 líneas de exploración con una frecuencia de cuadro de 50 ciclos, o sea de 25 campos por segundo. Si el audio y el video aún estuvieran en dos conductores separados, el PAL-I es igual al PAL-B, PAL-D, PAL-G, PAL-H, PAL-K. PAL K'. No así al PAL-M, ni tampoco al PAL-N, ya que éstos dos últimos son distintos, uno por ser del estándar M, mayormente asociado al NTSC, y el otro que es el de nuestro país, en el que dado a que nuestra tv analógica en blanco y negro tenía un ancho de banda heredado del sistema americano, de sólo 6Mhz de ancho de banda para cada canal.

Al sumar ambas informaciones, la de audio y la de video es en donde comienzan las diferencias entre los distintos sistemas. Por ejemplo, un receptor de PAL-B sólo recibirá frecuencias comprendidas en VHF, con una separación entre cada canal de 7 Mhz. en donde el audio y video están separados por 5,5 Mhz.

Y uno de PAL-I recibe tanto en VHF como en UHF, el ancho de banda es ahora de 8 Mhz, con una separación entre audio y video de 6 Mhz.

Además, ambas **vestigial sideband** son distintas. En una modulación de amplitud como la utilizada en un transmisor de tv, se producen dos bandas laterales, una de ellas es suprimida, pero no totalmente, la banda lateral vestigial es el vestigio de la banda lateral inferior, la presencia de ella hace que la información de baja frecuencia no se vea perturbada y llegue con las amplitudes iguales al resto de toda la banda.

Yendo al caso que nos ocupa, el de las Home Computers, mientras la conexión se haga mediante audio y video, por dos cables separados, sólo debes ser tenidas dos columnas de la tabla anterior, que la máquina sea 625/50 ó 525/60. **Lo cual no tiene absolutamente nada con el sistema de color utilizado, son dos estándares distintos, no dos sistemas de color distintos.**

Y por último el sistema de color propiamente dicho, sea PAL, NTSC ó SECAM (nunca he visto una máquina que genere SECAM).

Es posible, como en el caso de Amiga, cambiar de un estándar de tv a otro, **pero no de un sistema de color a otro**. Con lo que si la máquina proviene de Alemania, que originalmente tiene 625/50 como estándar, se la pueda llevar a 525/60, con lo cual ya no es ningún sistema "normal". Ya que la subportadora de color sigue siendo fijada a 4,43 Mhz.

La consecuencia de ello: puede llegar a verse en color o no, depende de la calidad del monitor o adaptador utilizado.

Juan Carlos Fekete

Abril de 2017