

Utilidad de los indicadores de Gamut/1

Por Juan Navalpotro



Juan Navalpotro

Su actividad en el campo de la electrónica y especialmente en el de la TV se extiende desde 1962 con los once años de trabajo en Telefunken Ibérica, los seis últimos en el Laboratorio de Desarrollo de TV Color. Otros seis años (desde 1973) en Honeywell SA dedicado a la instrumentación y ordenadores de control de procesos industriales en tiempo real. Desde 1979 hasta 2002, veintidós años con Tektronix Española SA, y un año en PESA, 1982.

Desde 1996 hasta 2002 la labor de desarrollo de mercados en Tektronix le permitió representar a dicha empresa en diversos organismos internacionales como el DVB (UER), UIT y 3GPP (ETSI)

Actualmente es Director Gerente de Abacanto Digital SA, compañía que representa en España a Tektronix, Anritsu, Albalá Ing., Z-Technology, IneoQuest, Nextamp, Mediomet y Craneworks.

www.abacantodigital.com

La gama de colores en TV

La gama de colores reproducible por un sistema de televisión en colores depende de la selección de los colores primarios. Esta selección se ha efectuado considerando la mayor o menor facilidad de fabricar los pigmentos de los tubos de rayos catódicos (TRC o en inglés CRT), así como de la relación calidad / precio para conseguirlos.

Las especificaciones de la TV en colores se basa en los estándares definidos en 1931 por la CIE (Commission Internationale de l'Éclairage). Ver figura 1.

plasma, se consiguen con valores muy aproximados a los colores seleccionados en cada sistema en vigor, sea la colorimetría NTSC, SMPTE o EBU y los filtros de las cámaras tienen muy buena precisión.

Y partiendo de esta realidad cabe la siguiente pregunta ¿deben perderse las cualidades, de dichos sistemas de captación y reproducción de imágenes de TV, por un mal ajuste de los elementos electrónicos que forman parte de la cadena de TV? La respuesta debería ser NO, y para lograrlo se necesitan unos criterios y unos elementos adecuados de medida. Las medidas de GAMUT proporcionan dichos criterios y los

ejemplo, solo tendrá la colorimetría correcta para uno de los dos sistemas, pero nunca para ambos. En la mayor parte de las aplicaciones de estudio deben utilizarse monitores de la norma adecuada con la colorimetría correspondiente. La Unión Internacional de Telecomunicaciones, en su documento ITU-BT.1361 de 1998 "Worldwide Unified Colorimetry and Related Characteristics of Future Television and Imaging Systems" define los valores unificados para ser usados en el futuro, véanse las tablas del final.

Definiciones útiles para medir el GAMUT

La gama total de colores permitida para una señal de TV se expresa con la palabra inglesa GAMUT, que significa simplemente GAMA, y las señales eléctricas que los representan pueden ser válidas o inválidas, legales o ilegales.

LEGAL.- Se define una señal como legal si cada uno de sus componentes permanece dentro de los valores de tensión asignados a cada uno de ellos.

GAMUT.- Se define la Gama Válida de Colores, y abreviando el GAMUT, como todas las combinaciones posibles de valores legales de las señales R, G y B.

(Nótese que las señales E_R , E_G y E_B originales del sistema de captación de imagen, se corrigen en Gamma para formar las señales E'_R , E'_G y E'_B también denominadas R, G y B)

VÁLIDA.- Se define una señal, de cualquier formato, como válida si, además de ser legal en el formato en cuestión, sigue siendo legal cuando se transcodifican sus componentes al formato básico R, G y B.

El GAMUT en las señales RGB

Para comprender porqué las señales R, G y B son las que se usan como referencia para definir el

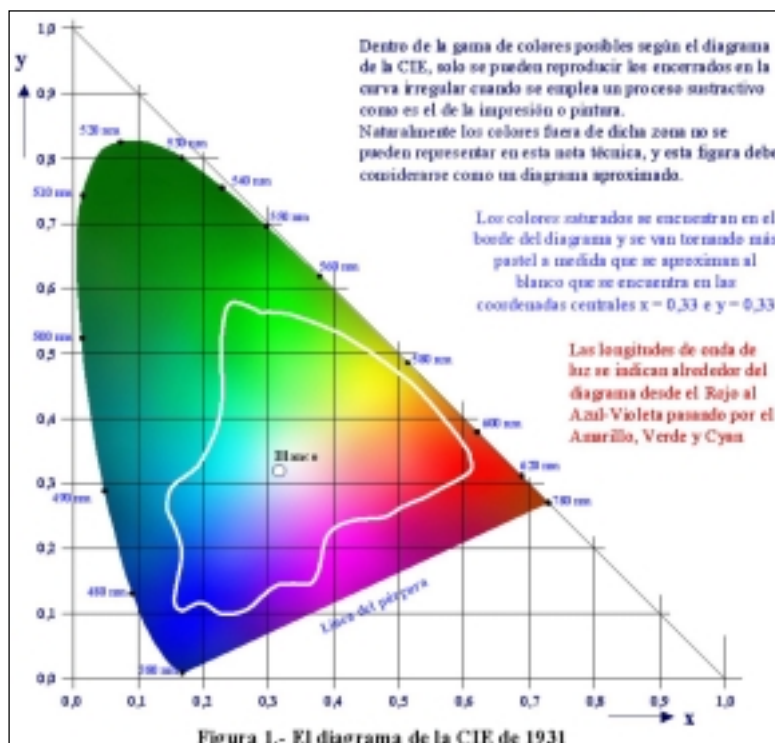


Figura 1.- El diagrama de la CIE de 1931

Naturalmente, los filtros usados en los transductores óptico-eléctricos (cámaras y telecines) se corresponden con los colores primarios RGB del sistema para el que se construyen.

Actualmente los pigmentos, tanto para los TRCs como para las pantallas planas tipo TFT o de

modernos monitores de forma de onda proporcionan los elementos adecuados para medir y evaluar el GAMUT.

Quizás deba notarse aquí, que los primarios de color han venido siendo distintos para los sistemas NTSC y PAL, por lo que un monitor de imagen bi-norma NTSC-PAL, por

GAMUT se puede pensar en que la tricromía aditiva se basa en las combinaciones de colores que se pueden conseguir con tres linternas con los colores fundamentales.

Cada linterna solo puede estar o bien apagada, nunca proporcionará un brillo negativo, o tener un brillo cualquiera pero sin superar el máximo posible de cada linterna.

Este es el mismo concepto que se aplica al transductor de luz a señal eléctrica. Una cámara produce tres señales eléctricas proporcionales al brillo recibido en cada píxel y, si la cámara está correctamente ajustada, estas señales E_R , E_G y E_B no pueden ser nunca negativas ni exceder un valor determinado por el sistema de TV que se esté usando, que es de 700 mV nominales para cada uno de los tres colores, al igual que las linternas no pueden dar luz negativa ni exceder el máximo de su brillo.

Cada linterna ajustada al máximo de su capacidad lumínica provocará el máximo de tensión eléctrica de 700 mV a la salida de cada componente de color de una cámara, pero no superará dicho valor, véase la figura 2.

Allí donde ninguna de las linternas ilumine se producirá la ausencia de luz y por lo tanto se transmitirá la sensación de negro con 0 mV en cada una de las salidas.

En las zonas donde solo incide un haz de luz se producen los colores primarios saturados Rojo, Verde y Azul respectivamente y solo una de las salidas RGB de la cámara producen tensión, que será de 700 mV si las linternas están al máximo de su correspondiente brillo.

Allí donde coinciden dos haces se producen los colores secundarios también saturados Cyan, Magenta y Amarillo y cada uno de ellos produce tensión en las correspondientes salidas que serán de 700 mV respectivamente como se podía esperar, por ejemplo el amarillo produce 700 mV en la salida Roja y simultáneamente 700 mV en la salida Verde, pero 0 mV en la salida Azul.

Finalmente donde coincidan los tres haces de las hipotéticas linternas, se producirá una salida de 700 mV en cada una de las tres salidas simultáneamente provocando la sensación de blanco puro o máximo blanco (acorde al iluminante D65 seleccionado para el sistema en el diagrama CIE).

Según este razonamiento cada salida de la cámara se ajusta para que pueda dar un valor "legal" de tensión comprendido entre 0 mV y 700 mV, pero nunca valores negativos o superiores a 700 mV, pues en ese caso representarían valores de color fuera del GAMUT seleccionado.

La comprobación final del GAMUT debe realizarse en el formato RGB, pues este es el formato que permite ver cuando una determinada señal excede el valor que proporcionará la máxima luz disponible en un sistema reproductor de TV, o proporciona un valor negativo que no puede forzar la emisión de luz negativa, como es de esperar.

Las restricciones de GAMUT las impone el transductor final del usuario, es decir el receptor de TV.

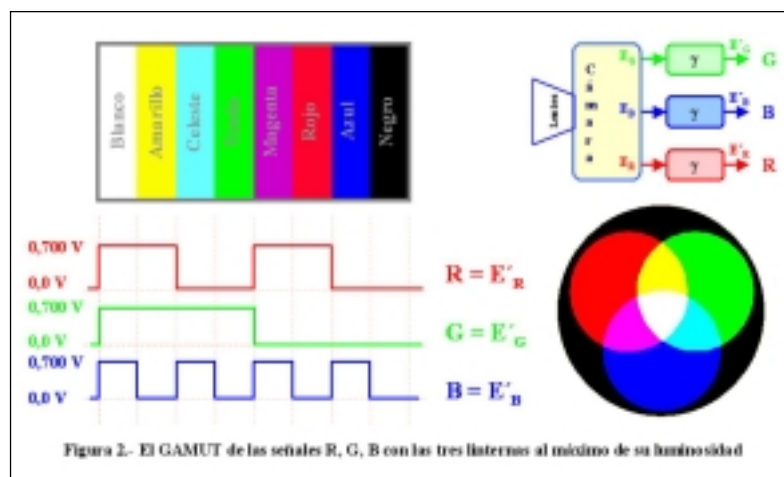
Todas las señales "legales" en un sistema en el que las señales son tratadas en el formato de componentes RGB, sin conversiones intermedias de formato, son también señales "válidas", pues siempre producen colores dentro del GAMUT del sistema y por tanto no sería necesario medirlas con los sistemas de medida de GAMUT, bastaría un Monitor de Forma de Onda para verificar que las tensiones producidas son legales.

Para lograr compatibilidad con la TV de Blanco y Negro, todos los sistemas usan la señal de Luminancia Y, y las señales de diferencia de color B-Y y R-Y, codificadas de una u otra manera.

Para ello se utilizó una combinación lineal de las componentes RGB para obtener la información de luminancia Y (idéntica a la señal B/N) y dos señales que lleven la información exclusivamente debida al color, o señales de crominancia, B-Y y R-Y respectivamente (Fig. 3).

La necesidad de comprobar el GAMUT con procedimientos específicamente diseñados para ello viene del hecho de que en todos los sistemas se efectúan conversiones entre formatos y se manejan los componentes por separado.

Para medir el GAMUT de las señales en el formato RGB Tektronix ha diseñado la presentación denominada de DIAMANTE o en inglés DIAMOND, así como la de SPLIT DIAMOND que se describen más adelante.



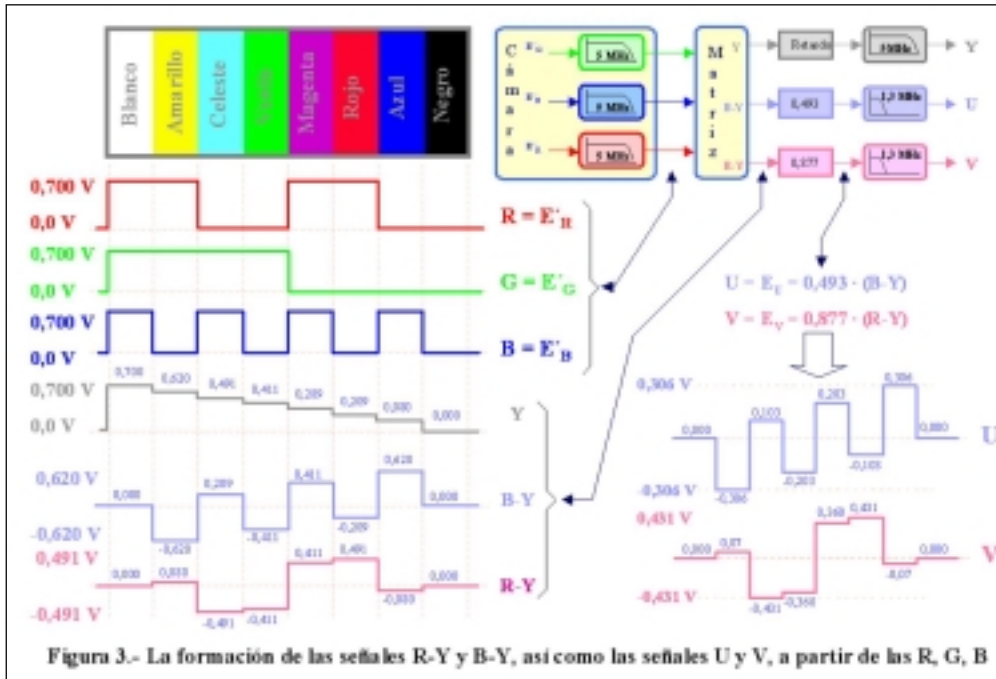


Figura 3.- La formación de las señales R-Y y B-Y, así como las señales U y V, a partir de las R, G, B

El GAMUT en la señal compuesta PAL

La señal compuesta PAL se ha utilizado en el pasado siempre en forma compuesta, es decir, la cámara producía siempre la señal en dicho formato y solo era necesario asegurar un buen ajuste de las cá-

maras para estar seguro que a lo largo de la cadena no se producían errores de GAMUT, aunque la señal podía adolecer de otros varios tipos de distorsiones.

El uso de las señales B-Y y R-Y es diferente para cada sistema y en el caso del sistema PAL se multiplican por unos factores para evitar

sobremodular los transmisores de RF y obtener así la combinación lineal que origina las señales U y V respectivamente. Estas señales U y V son las que se muestran en los vectorescopios para analizar la fase y amplitud de las señales de crominancia, véanse las figuras 3 y 4.

Pero estas dos señales, por sí solas, no llevan toda la información de GAMUT pues como la señal compuesta siempre lleva estas dos señales moduladas conjuntamente en cuadratura (QAM) sobre una portadora, ambas sufren conjuntamente las distorsiones, tanto lineales como no-lineales y por ello se han venido analizando tradicionalmente en el sistema PAL con los vectorescopios.

Aunque podría decirse que el Vectorscopio es el primer medidor de GAMUT, la necesidad de comprobar el GAMUT en una señal compuesta aparece en épocas más recientes por el hecho de tratar a la señal en alguno de sus formatos en componentes (RGB ó Y, C_B y C_R , tanto en forma analógica como en digital) y codificarla a compuesta PAL (o NTSC, en su caso) en uno de los puntos intermedios o en el punto final antes de la difusión. En estos casos la señal puede tener errores de GAMUT antes de la codificación.

Tektronix ha desarrollado una presentación para los monitores de forma de onda que permiten evaluar si una señal legal en el formato de componentes va a ser válida cuando se convierta a señal compuesta sin necesidad de codificar dicha señal a PAL o NTSC.

El tipo de presentación es el denominado PUNTA DE FLECHA o en inglés ARROWHEAD, que se describe más adelante. Este modo de presentación tiene en cuenta la combinación de las señales U y V con la luminancia, por lo que se puede considerar un medidor de GAMUT con más propiedad que el Vectorscopio.

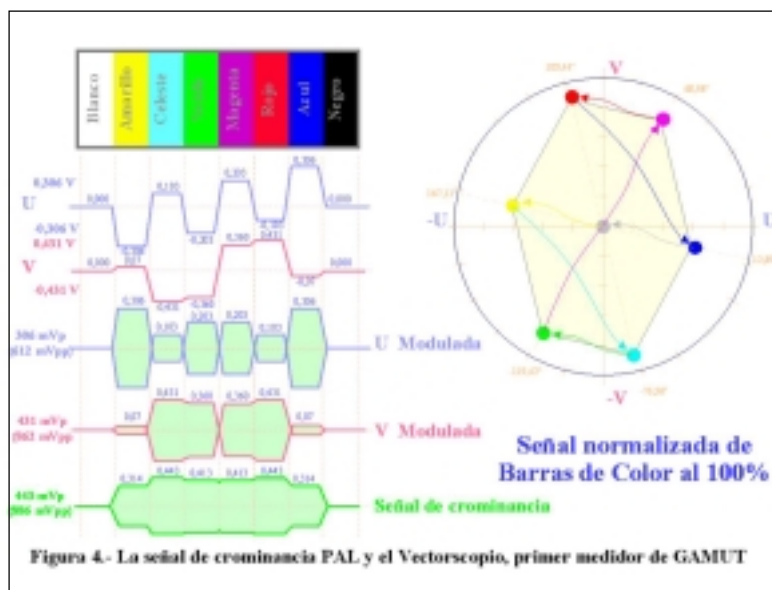


Figura 4.- La señal de crominancia PAL y el Vectorscopio, primer medidor de GAMUT

El GAMUT en las señales Y, C_B, C_R

Las señales de TV en otros formatos pueden ser "no-válidas" aunque permanezcan dentro de sus límites legales pues pueden representar colores fuera del GAMUT.

Estas señales pueden tener valores de tensión eléctrica correctos dentro de su formato pero pueden salirse de GAMUT cuando se transcodifican de nuevo al dominio R, G, B, y esto puede dar lugar a recortes, cambios de colores, u otras distorsiones.

Las señales de diferencia de color C_B y C_R, en su formato analógico, tienen como valores legales de tensión el rango desde -350 mV hasta +350 mV (Fig. 5) y en su formato digital, con el offset de tensión, desde 0 mV hasta 700 mV.

Si se analizan estas señales de modo simple en un monitor de forma de onda pueden verse señales legales, que sin exceder los valores indicados de tensión provoquen salidas de GAMUT.

Supóngase, por ejemplo, que en la parte correspondiente a la barra del color Magenta, la señal C_R tiene el valor de tensión legal de 310 mV en lugar de los 293 mV que corresponden a un Magenta saturado mientras el resto de los valores indicados en la figura 3 se mantienen como se indica en la propia figura.

En estas condiciones al convertir a RGB, usando la matriz inversa, se obtendría un valor de Rojo de 712 mV que no es legal en RGB en lugar de los 700 mV que corresponden al Magenta saturado y un valor de Verde de -12 mV que tampoco es legal en RGB.

Por lo tanto cuando un valor de C_R de 310 mV, "legal" pues no excede de los 350 mV que corresponden al rango de la señal C_R, se combina con un valor de 289 mV de luminancia Y, que también es legal y un valor de C_B de 232 mV que es también legal, resulta en una señal "NO VÁLIDA", pues excede el GAMUT en las señales R y G respectivamente.

Tektronix ha desarrollado una presentación para los monitores de forma de onda denominada RAYO o en inglés LIGHTNING, que permite evaluar si una señal legal en el formato de componentes C_B y C_R va a ser válida cuando se convierta a señal RGB.

Los monitores de Forma de Onda modernos

Tektronix ha venido produciendo sistemas de medida en sus monitores de forma de onda que permiten evaluar la validez de las señales desde el punto de vista del GAMUT. En los nuevos monitores que no usan el TRC convencional del tipo x-y, es decir, los miembros de las familias WVR6xxxA/7xxxA así como los WFM6xxx/WFM7xxx, las medidas se desarrollan completamente en el entorno digital y la presentación en pantalla se realiza por el procedimiento de barrido con formato XGA de 1024 x 768 pixels y 60 Hz de refresco. (Nota: Las figuras de este artículo se tomaron con un modelo anterior de la familia WVR600.)

Esto proporciona una gran resolución de imagen que combinada con la presentación FlexVU y la apariencia de gran similitud a la presentación analógica de los monitores con TRC convencional hacen de estos monitores una solución ideal para las necesidades de monitoreado en los diversos sistemas de TV y los diferentes formatos de señales.

Presentación en DIAMANTE para RGB

La verificación de la legalidad de los valores de tensión en las componentes RGB se puede realizar con monitores de forma de onda convencionales y midiendo cada una de las componentes para verificar la legalidad, y por tanto la validez, de las señales RGB.

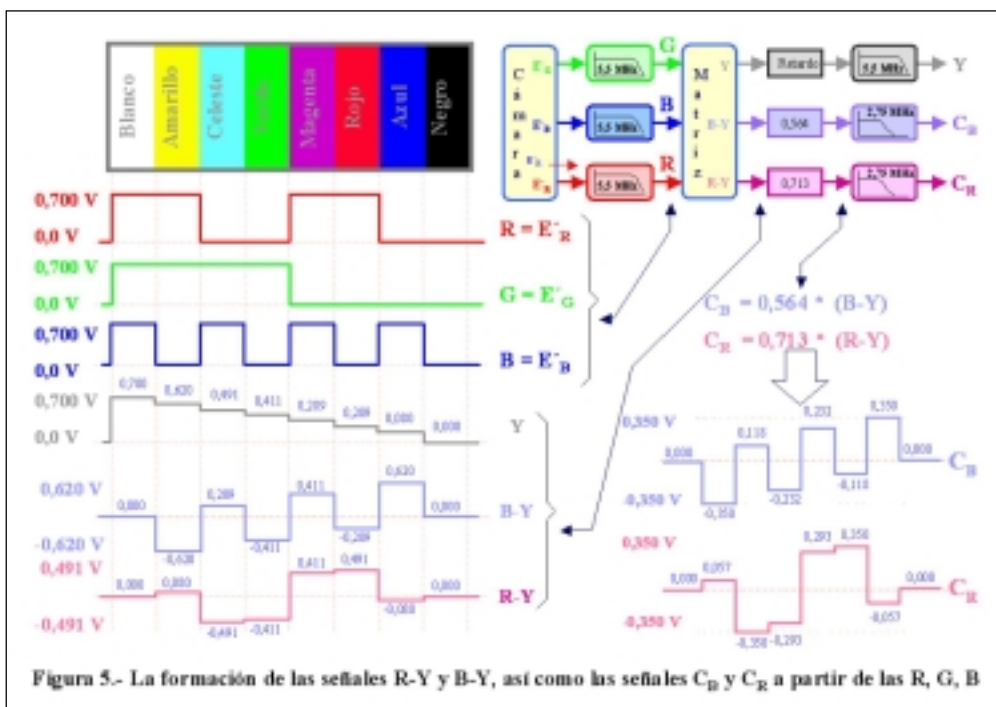


Figura 5.- La formación de las señales R-Y y B-Y, así como las señales C_B y C_R a partir de las R, G, B

Sin embargo utilizando la presentación en Diamante se puede ver de un solo vistazo cuando una señal excede el área que le corresponde en la gráfica.

El giro de 45° es una forma conceptual de expresión para comprender la presentación, en realidad se consigue el mismo efecto aplicando la suma de las señales Azul y

aparece el negro, (también el rojo, pues no tiene componentes de Azul ni de Verde, y por tanto no da respuesta a lo largo de los respectivos ejes). Los grises aparecen en la línea vertical entre el Negro y el Blanco, como era de esperar, y las señales poco saturadas están en la zona del eje vertical, junto con el Cian.

La formación del diamante Rojo-Verde es completamente similar, excepto que al eje vertical se aplica la suma invertida de Rojo y Verde y al eje horizontal la diferencia Rojo menos Verde.

La figura 8 muestra la señal de barras de color al 100% en la parte izquierda y al 75% en la parte derecha, puede observarse en esta imagen que la barra blanca sigue con el valor del 100% y por ello las señales se extienden hasta los vértices superior e inferior de cada diamante (ambos representan el blanco).

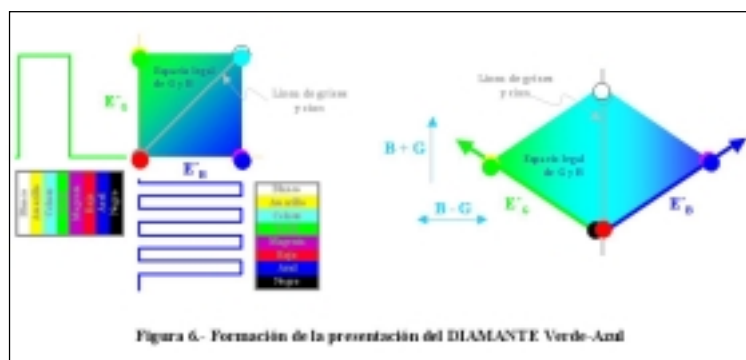


Figura 6.- Formación de la presentación del DIAMANTE Verde-Azul

La presentación en Diamante se obtiene creando dos superficies cuadradas que luego se giran 45° para disponerlas en una pantalla común creando los dos conocidos "diamantes" Verde-Azul y Rojo-Verde respectivamente. La formación del diamante Verde-Azul se ilustra en la figura 6 en la que la señal de Verde se aplica al eje vertical y la señal de Azul se aplica al eje horizontal y con el giro de 45° queda el diamante Verde-Azul.

Verde ($B + G$) al eje vertical y la diferencia Azul menos Verde ($B - G$) al eje horizontal, como se indica en la figura 6.

Los colores saturados primarios y secundarios de las barras de color quedan en las respectivas esquinas del diamante. En el vértice superior aparece el blanco, pues tiene igual valor de Azul y de Verde (también el Cian, pues tiene igual proporción de Azul y de Verde), y en el inferior

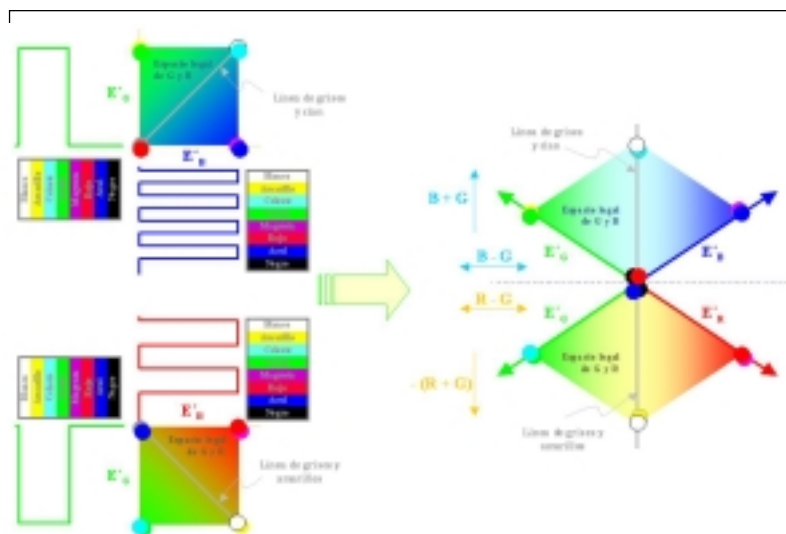


Figura 7.- Formación de la presentación de tipo DIAMANTE

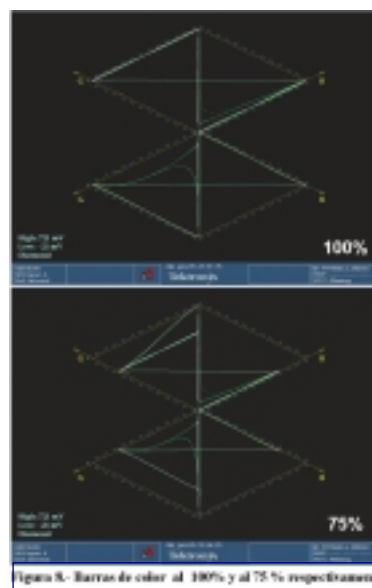


Figura 8.- Barras de color al 100% y al 75 % respectivamente

En la figura 9 se muestra la señal de barras al 75% en cuatro modos distintos de presentación. En la parte inferior izquierda las señales RGB en formato de desfile o "parada" no sobrepasan los 700 mV del blanco ni aparecen valores negativos (por debajo del negro), por lo

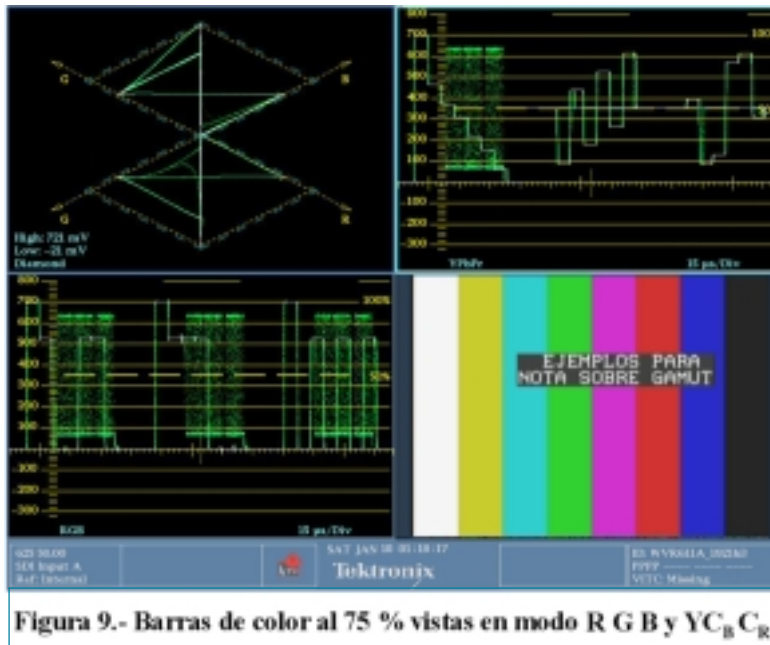


Figura 9.- Barras de color al 75 % vistas en modo R G B y YC_B C_R

que las señales son legales y válidas como puede observarse en el diamante de la parte superior izquierda.

Las transiciones curvas que se aprecian en el diamante se deben a los tiempos de subida de los pulsos de corta duración que forman las letras del rótulo de la pantalla. Estos pulsos están presentes en las tres señales R G y B pues son letras grises (casi blancas) sobre fondo casi negro y en el diamante aparecen sobre la línea vertical. Naturalmente en la parte de las señales en modo parada Y CB y CR los pulsos solo aparecen sobre la señal de luminancia Y.

El diamante separado (Split Diamond)

Una variación interesante de la presentación Diamante es la que muestra los diamantes Verde-Azul y Rojo-Verde separados.

La razón para ello es permitir analizar con detalle, e incluso a un primer vistazo, si hay errores de GAMUT en la zona donde se muestran los colores Rojo, Azul y también los

valores de negro y posibles “ultra-negros”.

Para ilustrar esta presentación se ha elegido una señal de prueba que se usa para ajustar el nivel de negro de los monitores, una de las señales PLUGE generadas por el TSG601 (generador de señales test portátil que se ha utilizado para ilustrar esta nota) que puede verse en la figura 10.

La barra central de las tres barras verticales tiene un nivel de tensión correspondiente al nivel de ne-

gro, la de la izquierda tiene un valor negativo (-14 mV), puede verse en la parte derecha que en la forma de onda del canal Azul hay un pulso negativo de una relativamente corta duración que proporcionaría un nivel más negro que el negro, y la barra de la derecha es ligeramente más clara (+14 mV) que la central (0 mV). Estas tres barras permiten ajustar el brillo al nivel de negro del monitor de manera que no se vea la barra de la izquierda, pero si se aprecie la de la derecha.

Naturalmente esta señal está intencionadamente fuera de GAMUT y en la presentación de Diamante debería verse en el punto donde se cruzan ambos diamantes, pero la señal ilegal de un diamante se mezcla con la señal legal del otro, como se ve en la parte B de la figura 11.

Los diamantes separados permiten ver con detalle si hay errores de GAMUT en las zonas del Rojo y el Azul por separado, sin mezclarse, tal como se muestra en las partes A y C de la figura 11.

Nota: las líneas amarillas en el diamante representan la retícula correspondiente a las áreas de GAMUT correcto. Las líneas color cian representan unos límites de tolerancia que se ajustan al nivel que se desee, en este ejemplo están ajustados a -21 mV y a 721 mV. Dado

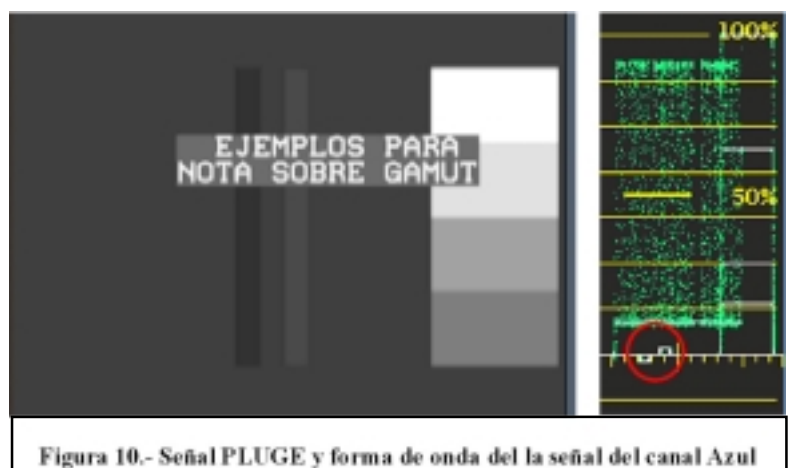


Figura 10.- Señal PLUGE y forma de onda de la señal del canal Azul

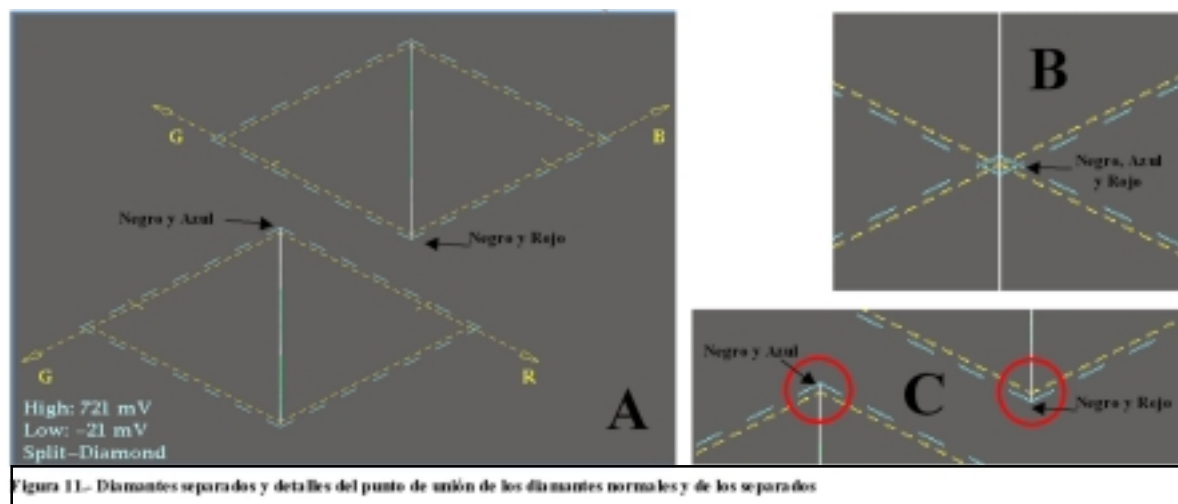


Figura 11.- Diamantes separados y detalles del punto de unión de los diamantes normales y de los separados

que el límite inferior se ha fijado en -21 mV y el nivel negativo de la señal PLUGE es de -14 mV no se genera una alarma para alertar al operador.

Presentación PUNTA DE FLECHA para señal compuesta

Se puede argumentar que la señal compuesta no tiene interés desde el punto de vista de los estudios de edición digitales o de componentes analógicos. Sin embargo a dicho argumento se opone el hecho de que al final, en casi todos los

casos la señal de TV se convierte a señal compuesta del sistema PAL o NTSC para su transmisión por las redes analógicas terrestres y/o por las redes analógicas de cable.

Y en los casos en que se reciban por alguno de los sistemas digitales de difusión, es altamente probable que el receptor DVB entregue la señal codificada en PAL e incluso modulada en uno de los canales de RF para pasarla al receptor convencional de TV del usuario. Esto sin contar la cantidad de contribuciones entre estudios que aún se realizan utilizando la señal compuesta.

La presentación en punta de flecha permite verificar si una señal tratada en su formato de componentes va a proporcionar valores válidos al ser codificada a PAL (o NTSC, en su caso).

La figura 12 muestra la formación de la señal compuesta de vídeo para el sistema PAL y puede observarse que si bien la señal de crominancia tiene unos valores máximos de 443 mV en las barras Cian y Roja, cuando está sumada a la señal de luminancia se superan los valores de blanco de 700 mV hasta 934 mV en las barras Amarilla y Cian mientras que los valores de negro se exceden por debajo en -234 mV en las barras Roja y Azul. Estos valores son válidos para el sistema PAL, pero la dificultad está en determinar, antes de modular, si estos valores se van a exceder con determinados valores de las componentes.

La presentación denominada Punta de Flecha (Arrowhead) permite verificar estos extremos. La gráfica se realiza aplicando la señal de Luminancia al eje vertical y la envolvente de la señal de Crominancia, es decir la Saturación, en el eje horizontal con lo que se obtiene el diagrama ilustrado en la figura 13.

La máxima amplitud permitida para la señal compuesta de luminancia con la subportadora de

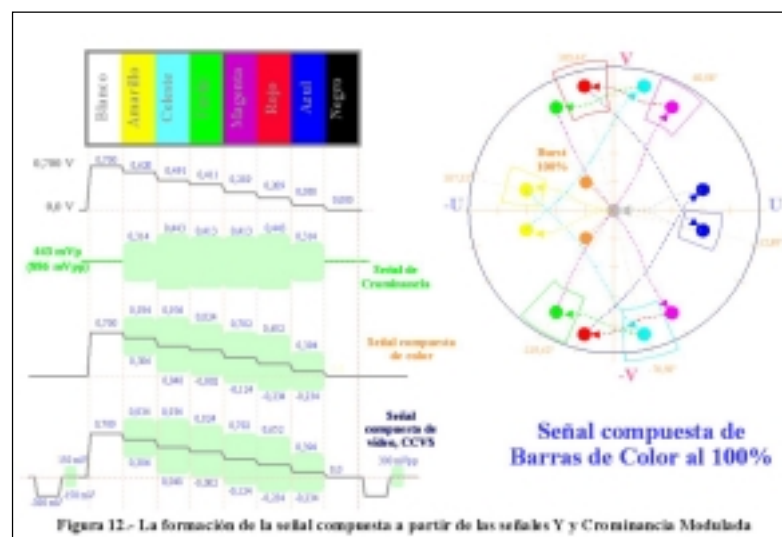


Figura 12.- La formación de la señal compuesta a partir de las señales Y y Crominancia Modulada

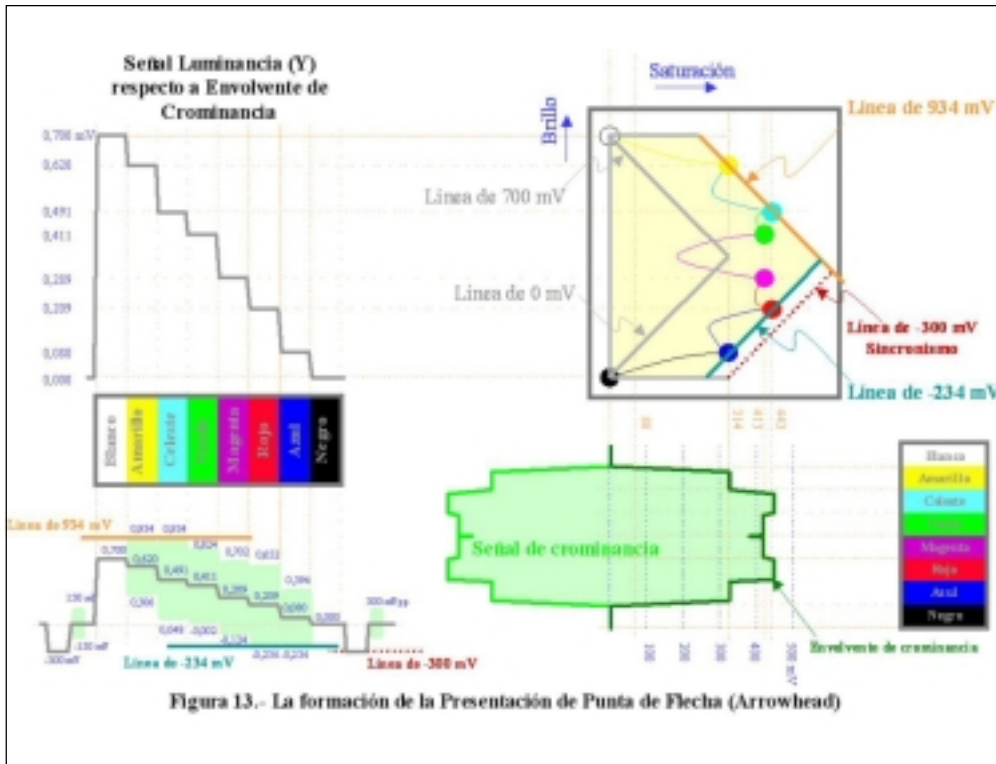


Figura 13.- La formación de la Presentación de Punta de Flecha (Arrowhead)

crominancia superpuesta es de 934 mV, que se alcanza para los colores saturados Amarillo y Cian y está representada por la línea anaranjada así marcada en el diagrama de flecha y en el dibujo de la señal compuesta. Esta línea no debe ser superpuesta por ninguna combinación de luma + croma.

Similarmente el valor de -234 mV no debe excederse y la línea que representa dicho valor está también marcada en tono verde-azulado en el diagrama en ambos dibujos.

Ambas líneas se cruzan creando la “punta de la flecha” y no es necesario prolongar ninguna de dichas líneas, pues una señal con un valor de luminancia muy bajo y una saturación muy alta, por ejemplo a nivel del Magenta, antes de sobrepasar el valor máximo de 934 mV (representado por la prolongación de la línea anaranjada en la punta de la flecha) sobrepasará el valor mínimo de -234 mV representado por la línea verde-azulada cerca de la punta de la flecha.

La figura 14 muestra varios aspectos interesantes, por un lado el menú de configuración del instrumento de medida WVR611A en el que se ha seleccionado un umbral de alarma superior para el GAMUT de punta de flecha de 900 mV, por lo que la señal de barras del 100% lo sobrepasa en sus barras Amarilla y Cian (valor nominal de 934 mV), también hay seleccionado un valor inferior de -200 mV y por lo tanto las barras Roja y Azul también sobrepasan dicho valor (el valor nominal es de -234 mV) y aparece una alarma de GAMUT que se representa en la imagen de barras de color con un punteado en las 4 barras indicadas que son las que están fuera de GAMUT. Esta indicación sobre la imagen es muy útil en señales complejas, pues no solo se indica el error por medio de la alarma, sino que además se indica, sobre la imagen, cual es la zona que está fuera de GAMUT.

(continuará)

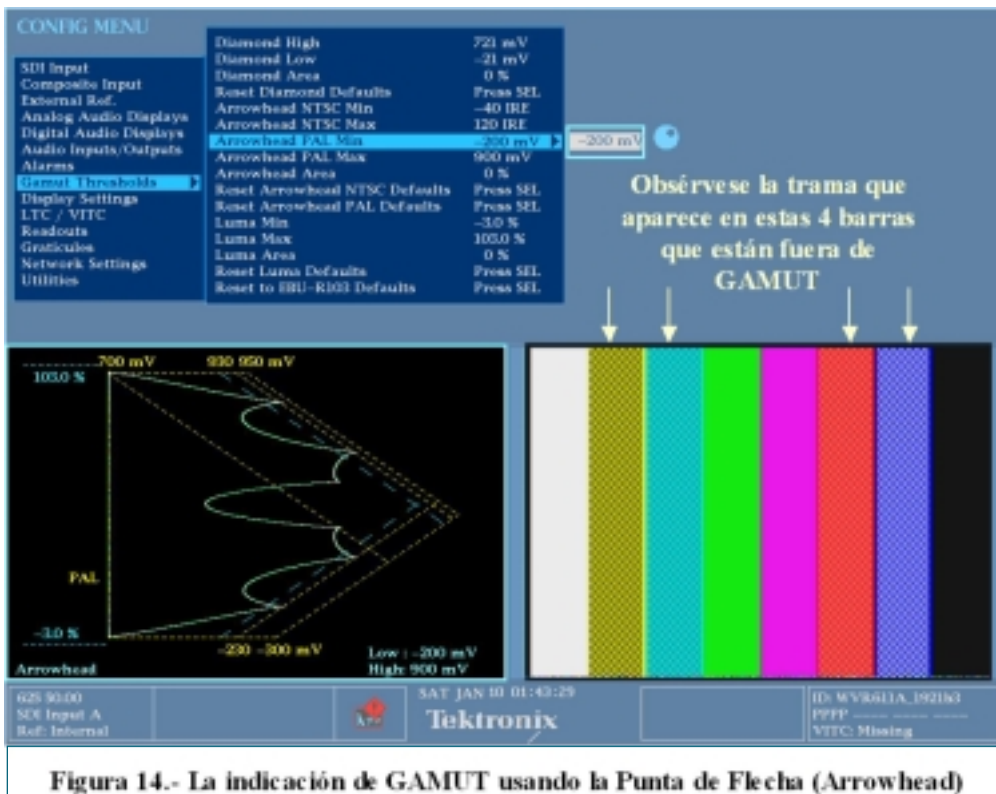


Figura 14.- La indicación de GAMUT usando la Punta de Flecha (Arrowhead)