

Medida de la señal de televisión

Wenceslao Matarín Hernández

PID_00206152



Los textos e imágenes publicados en esta obra están sujetos –excepto que se indique lo contrario– a una licencia de Reconocimiento-NoComercial-SinObraDerivada (BY-NC-ND) v.3.0 España de Creative Commons. Podéis copiarlos, distribuirlos y transmitirlos públicamente siempre que citéis el autor y la fuente (FUOC. Fundació per la Universitat Oberta de Catalunya), no hagáis de ellos un uso comercial y ni obra derivada. La licencia completa se puede consultar en <http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/3.0/es/legalcode.es>

Índice

Introducción.....	5
1. Instrumentos de medida de la señal DE televisión.....	7
1.1. Monitor de forma de onda	7
1.2. Descomposición en luma y croma de una barra de colores	9
1.3. Vectorscopio	9
1.4. Osciloscopio digital	10
1.5. Equipos de test de vídeo	11
1.6. Tarjetas de adquisición de vídeo	11
2. Medida de señal de televisión analógica.....	13
2.1. Medida con monitor de forma de onda	14
2.1.1. ¿Qué medimos con el MFO?	14
2.2. Medida con vectorscopio	17
2.2.1. Interpretación de la cuadrícula y su origen	17
2.2.2. Medida de una imagen con vectorscopio	19
2.2.3. Medición de ganancia diferencial y distorsión de fase	20
3. Señales de test de televisión analógica.....	22
3.1. Medidas de señales de test con equipo de test de vídeo	23
3.1.1. Señal línea 17 (CCIR 17)	23
3.1.2. Señal línea 18 (CCIR 18)	24
3.1.3. Señal línea 330 (CCIR 330)	25
3.1.4. Señal línea 331 (CCIR 331)	26
3.1.5. Señal 75% barras de color (CCIR 75% color bars)	27
4. Medida de calidad de la señal digital.....	28
4.1. Parámetros de calidad de la señal digital	28
4.2. Diagrama del ojo	29
4.2.1. Ejemplos de distorsiones en el diagrama de ojo	31
4.3. Medidas de señales de tests digitales con equipo de tests de vídeo	33
4.3.1. Medida de estrés en la capa física	33
4.3.2. Test de la señal "patológica" o <i>SDI check field test</i>	34
5. Ejemplos de mediciones de señales reales de televisión.....	35
5.1. Tablero de ajedrez	35
5.2. Balón de fútbol	36
5.3. Logotipo blanco sobre fondo rojo	38
5.4. Cielo con círculo amarillo	40

Introducción

En este módulo veremos cómo manejar los instrumentos de medida de vídeo analógico y digital y conoceremos las técnicas de diagnóstico de la calidad de la señal observada. También se pretende dar a conocer los diferentes tests de evaluación que se utilizan para la evaluación de las señales analógicas y digitales.

Para asegurar la calidad de la señal televisiva, ya en el mismo plató de televisión donde se crea, mezcla y procesa, esta se debe visualizar continuamente para asegurar que sus parámetros están dentro de lo establecido.

Los tres aspectos más importantes a tener en cuenta en la televisión analógica son los siguientes:

- La señal de línea tiene las amplitudes y los rangos temporales que marca la normativa
- El rango del croma, en una carta de colores, se adecúa a los valores establecidos
- Tanto la señal de línea, como la información del croma, de las diferentes fuentes de vídeo (cámaras de televisión, ordenador, magnetoscopio, reproductor DVD, etc.) están sincronizadas y manejan rangos de valores similares.

En la televisión digital, previamente a estos tres aspectos, se debe comprobar la calidad de los pulsos de señal, ya que si no superan un umbral de calidad, el receptor de televisión no detecta los bits y no puede decodificar la información. Si se supera este paso con éxito, se le aplican los mismos tres aspectos considerados para la señal de televisión analógica.

Para medir estas características se precisa instrumentación especial como el monitor de forma de onda, el vectorscopio y las tarjetas de adquisición de vídeo. En este módulo se explica su funcionamiento y se aplica a ejemplos de señales estándar basadas en patrones de barras de colores.

1. Instrumentos de medida de la señal DE televisión

La señal de televisión analógica se mide mediante dos instrumentos:

- **Monitor de forma de onda (MFO).** Permite visualizar líneas de televisión en el dominio temporal.
- **Vectorscopio.** Permite visualizar la señal de croma en un diagrama de colores UV.

La señal de televisión digital se puede medir con un **osciloscopio digital** con un gran ancho de banda, pero solo nos da información de la señal binaria, no de su contenido en vídeo. Para ello hacen falta equipos más sofisticados que interpreten las tramas de vídeo digital y ofrezcan información gráfica: los **equipos de test de vídeo** que admiten señal de entrada digital y analógica en vídeo compuesto o componentes. La versión *low-cost* de estos equipos son las **tarjetas de adquisición de vídeo** que se conectan al ordenador y que vienen con el software correspondiente para procesar la información y presentarla por el monitor.

Nota

En este apartado se explica el funcionamiento y prestaciones de estos instrumentos, pero no su composición electrónica interna.

1.1. Monitor de forma de onda

Es un osciloscopio adecuado para sincronizar y visualizar ciertas líneas de la señal de vídeo compuesto en el dominio temporal, incluidas líneas de test.



Figura1. Monitor de forma de onda

Hay diversos modos de visualizar la señal de televisión analógica con el monitor de forma de onda que se pueden agrupar en dos rangos:

- **Sweep range.** Visualiza según diferentes rangos dinámicos y temporales.

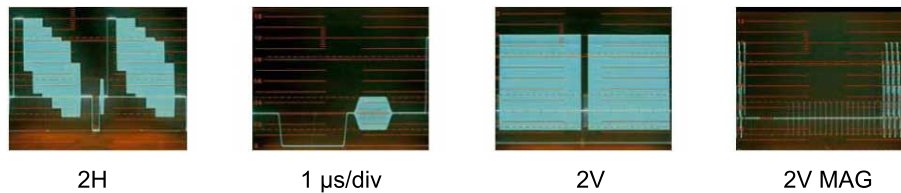


Figura 2. Modos de visualización en *sweep range* de un MFO

- Modo 2H. Se visualizan dos líneas horizontales seguidas.
 - Modo 1 μ s/div. se visualizar el sincronismo y el *burst*.
 - Modo 2V. Se visualizan dos líneas verticales seguidas.
 - Modo 2V MAG. Se visualizan dos líneas verticales multiplicando por 20 su resolución temporal.
- **Frequency response range.** Permite distinguir información que va en distintas bandas frecuenciales, como la luminancia y la crominancia, y también hacer diferencias entre ellas.

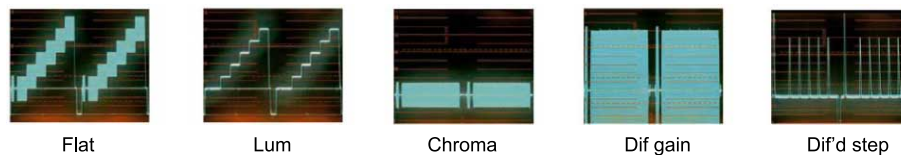


Figura 3. Modos de visualización en *frequency response range* de un MFO

- Modo FLAT. Se visualiza toda la señal. Para ello se activa un filtro de 5 MHz que elimina ruidos fuera de la banda base de televisión.
- Modo LUM. Se visualiza solo la luminancia (o también conocida como luma). Se dispone de un filtro que elimina la portadora de 4,43 MHz y sus armónicos de color.
- Modo CHROMA. Se visualiza solo la crominancia (o croma). Se dispone de un filtro paso banda centrado en 4,43 MHz.
- Modo DIF GAIN. Se visualiza la croma magnificada por 3 o por 5,5. Se dispone también del filtro paso banda centrado en 4,43 MHz.
- Modo DIF'D STEP. Se visualiza linealidad de la luminancia mediante un filtro paso banda centrado en 450 kHz.

1.2. Descomposición en luma y croma de una barra de colores

El MFO permite la descomposición en luma y croma de señales, por lo que se puede estudiar con más precisión el contenido de señales patrón, como las barras de color.

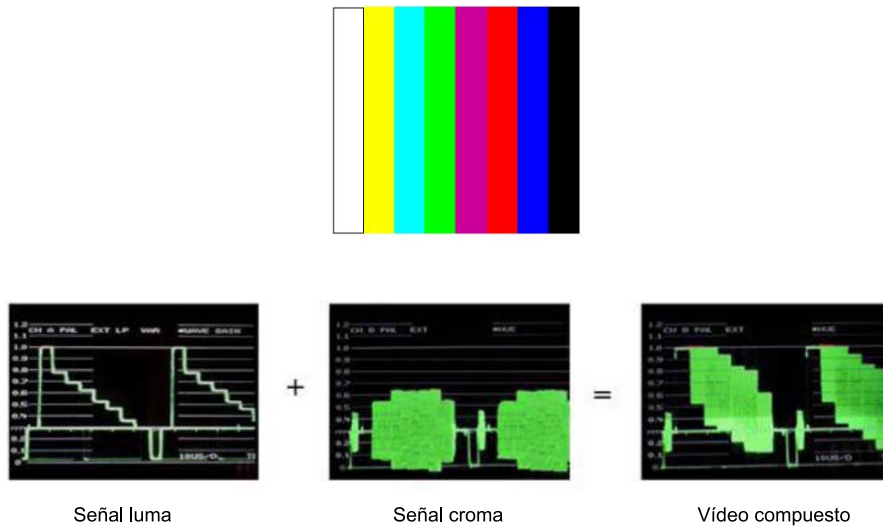


Figura 4. Descomposición en luma y croma de una señal patrón de barras de color con un MFO

1.3. Vectorscopio

El vectorscopio permite visualizar la información de croma en formato de diagrama UV de colores. Para ello, parte de las señales de diferencia de color U y V y las dispone sobre unos ejes cartesianos xy, representando en el eje x la señal U y en el eje y la señal V.

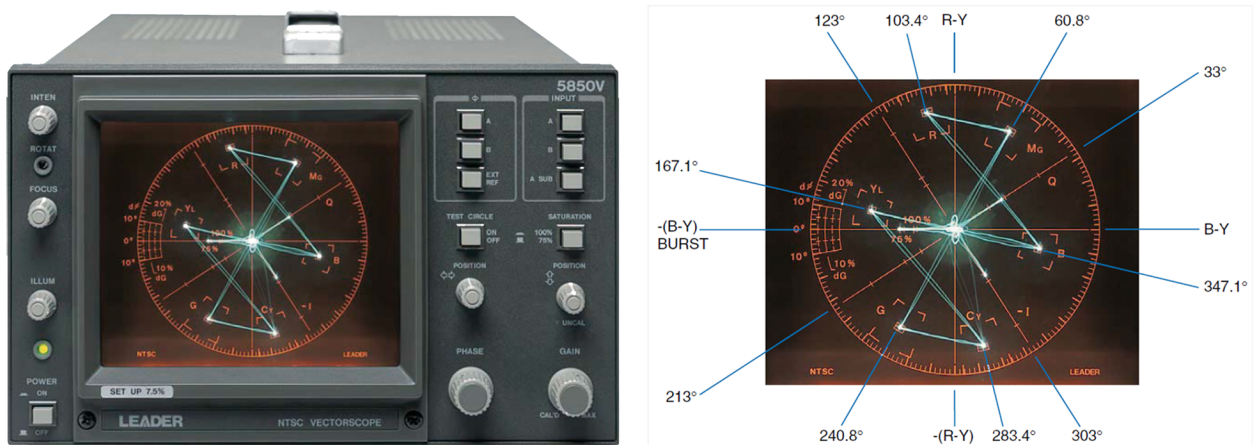


Figura 5. Vectorscopio y sus ejes de colores

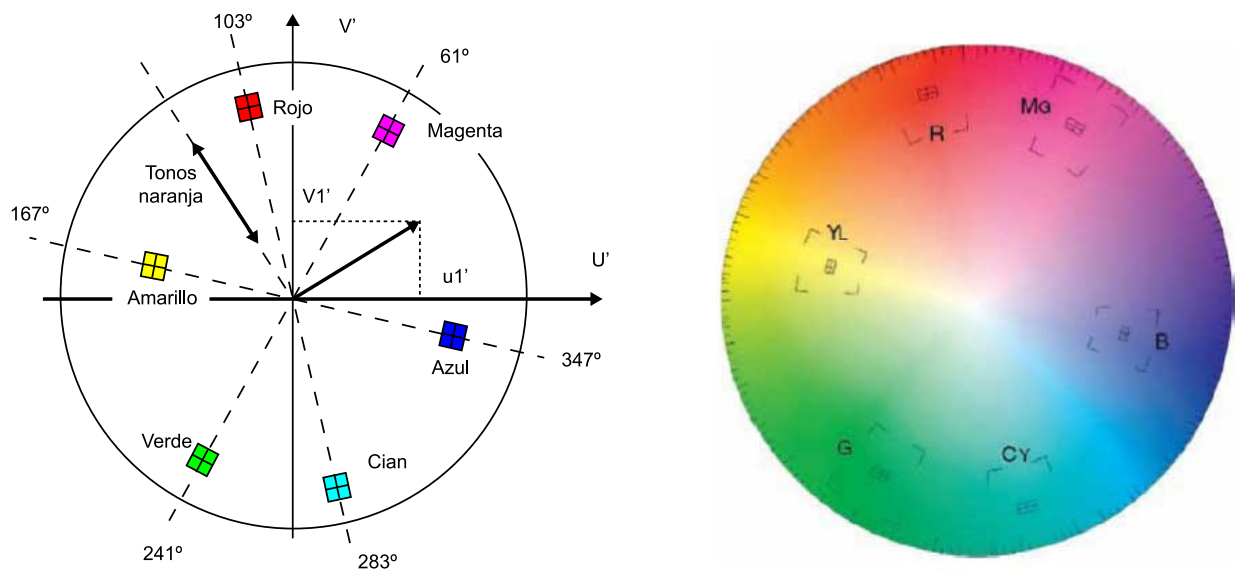
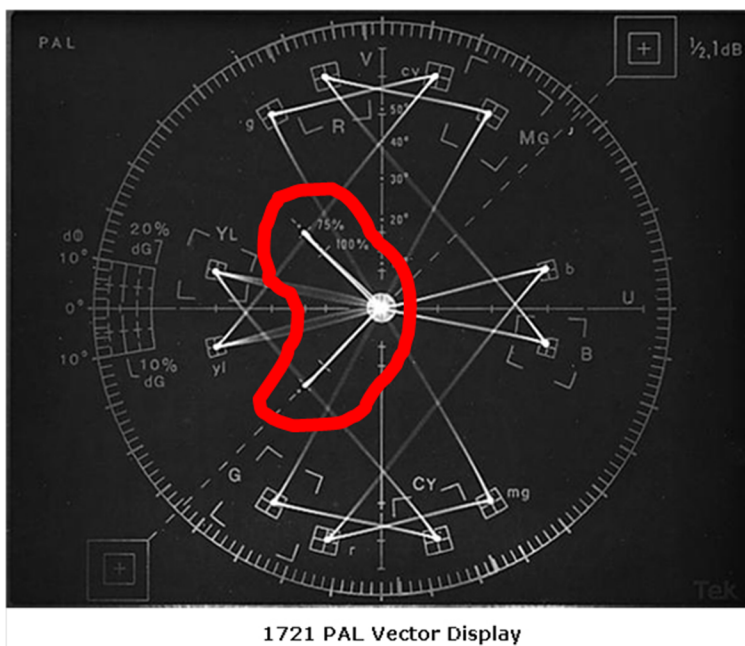


Figura 6. Diagrama UV de colores

Los vectorscopios visualizan también la referencia de fase del *burst* de color. EN NTSC es única, pero en PAL se alterna en cada línea. Por eso en PAL se ven dos referencias:

Figura 7. Vectorscopio visualizando la referencia de fase del *burst* en sistema PAL

1.4. Osciloscopio digital

Para tener información adecuada de la señal de vídeo digital, es necesario un osciloscopio digital que tenga opción de medir el diagrama del ojo de la señal. Es fundamental también que el ancho de banda del osciloscopio sea mayor que el ancho de banda de la señal SDI. Un buen valor sería de 1 GHz, o, como mínimo, 500 MHz.

Diagrama del ojo

El diagrama del ojo es una forma de representación de la señal digital en algunos osciloscopios, que permite visualizar errores temporales y ruidos de amplitud.

Volveremos sobre el diagrama del ojo en el apartado "Medida de calidad de la señal de vídeo digital".



Figura 8. Osciloscopio digital

1.5. Equipos de test de vídeo

Los instrumentos más avanzados para la medida de la señal de vídeo son los equipos de test de vídeo. Admiten señal analógica y digital en todos sus formatos y visualizan la señal en el dominio temporal analógico (como un MFO), en el de croma (como un vectorscopio), en el temporal digital (como un osciloscopio digital para la señal digital) y, además, admiten diferentes formatos gráficos y de barras de información de la señal.

Se puede tener en versión compacta (todo el instrumento en la misma caja) o el hardware de procesamiento en una caja sin monitor, en cuyo caso se debe disponer de un monitor aparte que se conecta al instrumento.



Figura 9. Equipos de test de vídeo: Tektronix WFM 7120 compacto y Tektronix WFM 7120 y monitor

1.6. Tarjetas de adquisición de vídeo

Como ya se ha comentado, se puede tener un equipo de test de vídeo barato, aunque con menos precisión en la medida si se dispone de un ordenador con suficiente velocidad de procesamiento y una tarjeta de adquisición de vídeo

profesional. Estas tarjetas tienen entradas analógicas y digitales en todos los formatos, y el software que las acompaña permite visualizar la información también en todos los formatos de manera similar a un equipo de test de vídeo.

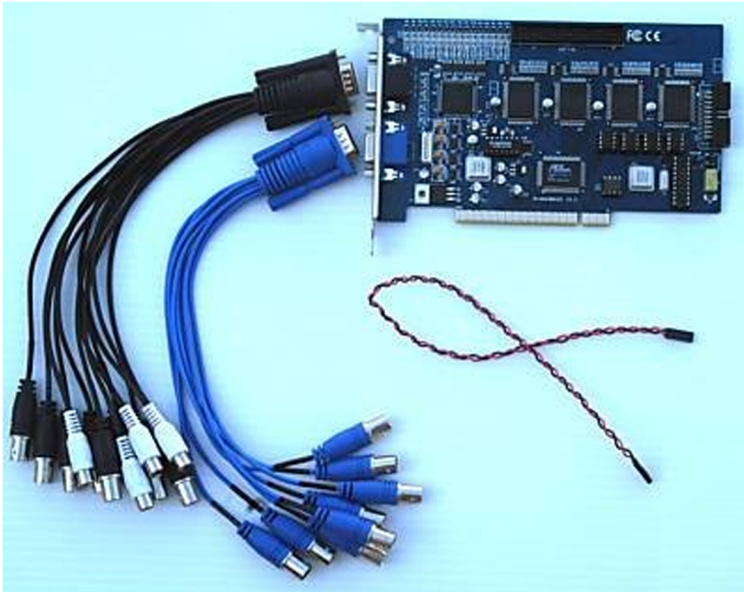


Figura 10. Tarjeta de adquisición de vídeo profesional con entradas analógicas y digitales

2. Medida de señal de televisión analógica

Para analizar la señal de vídeo compuesto se ha de tener en cuenta que el circuito de vídeo ha de tener una impedancia de 75Ω . La cadena de señal "fuente de vídeo al monitor" lo cumple, ya que por lo general dispone de un circuito automático para detectar dicha impedancia y la ajusta al nivel deseado. Por el contrario, los equipos de medida tienen una impedancia alta para ser lo más transparentes posible a la señal medida y no tienen circuito compensador automático. La carga la ha de dar siempre el equipo que recibe la señal (se añade una resistencia de 75Ω si hace falta), en caso de que no sea el final de la cadena, no se pone carga.

En el siguiente esquema se muestra la correcta conexión de un equipo profesional (una cámara, vídeo, etc.) a un monitor de forma de onda y un vectorscopio.

Nota

Encontrarlos juntos o separados depende del modelo y marca.

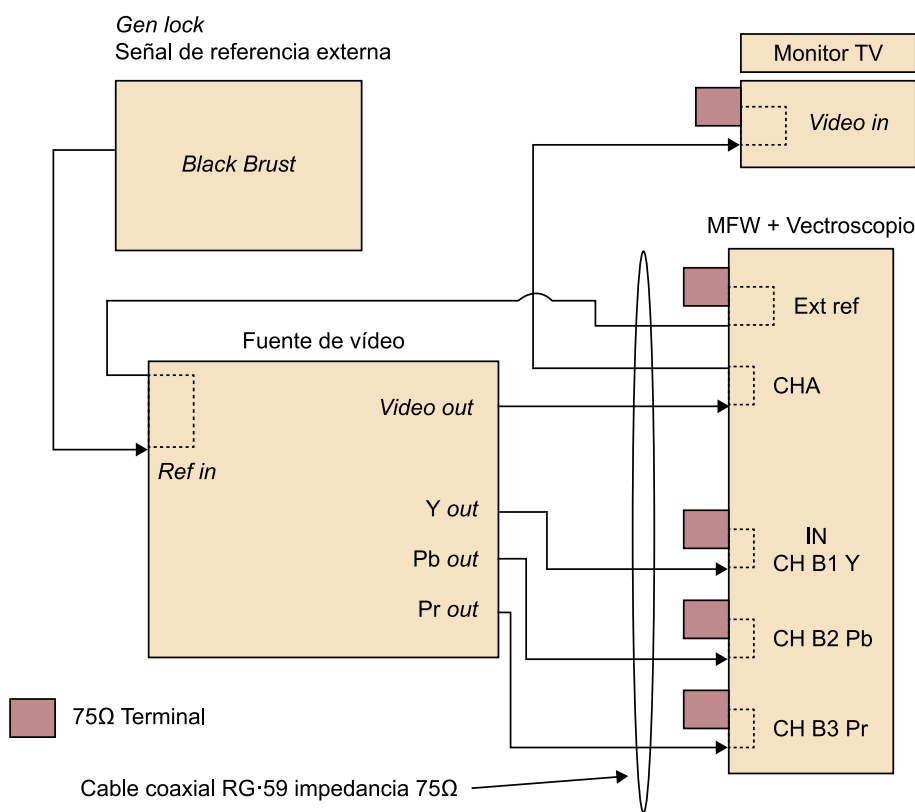


Figura 11. Esquema de conexión de un equipo de vídeo a un MFO y a un vectorscopio

La conexión es la siguiente: el vídeo compuesto se conecta al canal A (en su entrada de este tipo de señal) y si se tiene señal de vídeo en componentes (Y, R-Y = Pr, B-Y = Pb), se conecta al canal B (en su entrada específica). Así se pueden comparar las dos señales, o medir la que interese.

Los equipos de medida disponen de un *loop* (un conector de entrada y otro de salida) para poder enviar la señal a un tercer equipo (ejemplo del canal A). Si no se utiliza el *loop* y la señal no la reenviamos a ningún sitio se ha de colocar un terminal de carga de 75Ω .

2.1. Medida con monitor de forma de onda

La señal de vídeo se expresa en tiempo y amplitud, parámetros que normalmente se miden mediante un osciloscopio. Para televisión disponemos de un osciloscopio adaptado a este tipo de señal, que es el MFO. El MFO además dispone de diferentes filtros para poder ver características de esta señal.

2.1.1. ¿Qué medimos con el MFO?

Las líneas son la unidad básica de la señal que conforma la imagen y dichas líneas, 625 en total para sistemas PAL, tienen una parte de sincronismo (el sincronismo H y el *burst*) y otra parte, que es la imagen que muestra la televisión.

Una manera de calibrar cualquier sistema es utilizar una señal conocida y comparar el resultado teórico con el obtenido en nuestras mediciones.

Para ver una señal de barras en vídeo compuesto se procede como sigue:



Figura 12. Patrón de barras de color

- Se ajusta el canal de entrada.
- Se selecciona la referencia del aparato INT (en caso de no haber colocado ninguna referencia).
- Se ajusta la base de tiempos en función de lo que se pretende ver.
- Se ajustamos la escala de amplitud.
- Se ajusta la señal a la escala de la pantalla con los controles de posición.

Se anula la señal de DC y se coloca el 0 de la imagen en el nivel de negros, quedándonos el nivel de sincronismos a 0.3mV y la línea de blancos a 0.7 V. La imagen visualizada en el MFO sería como la siguiente:

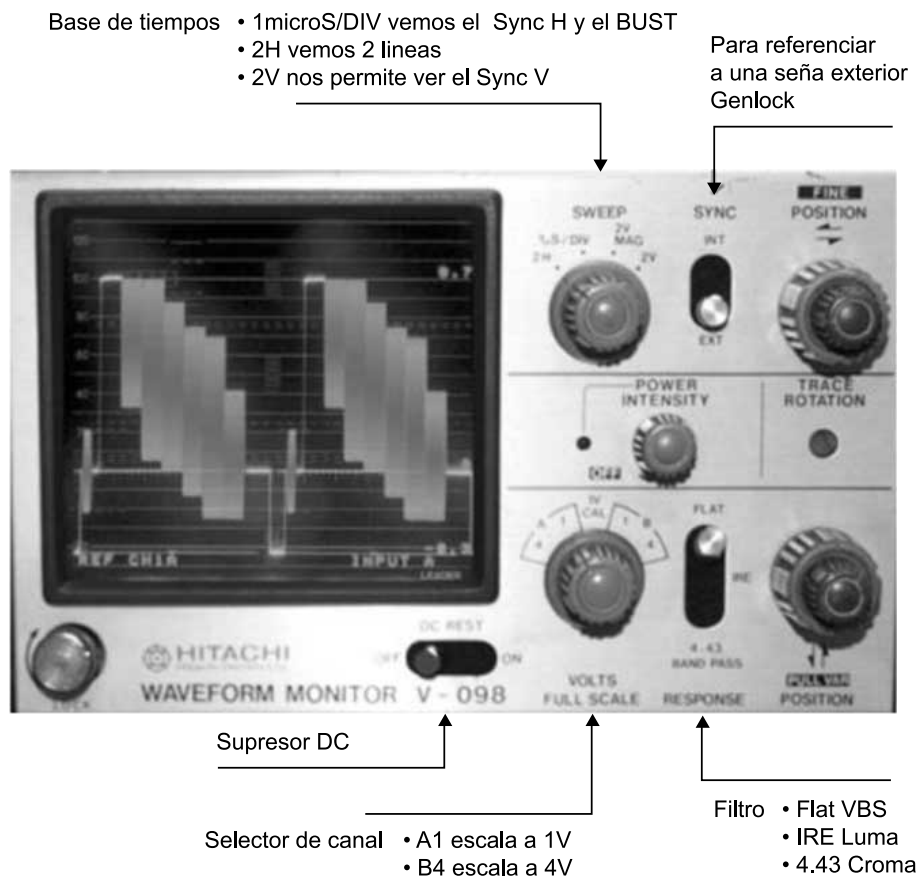


Figura 13. Señal en vídeo compuesto del patrón de barras de color

Interpretación de lo visualizado en pantalla

La amplitud de la señal marca la luminancia o luma (blanco y negro) de la señal. La parte alta de la señal (en torno a 0,7 V) correspondería al **brillo** y la parte baja, la zona negra (en torno a 0 V) correspondería al **contraste**.

Se puede visualizar solo la luma o la señal en vídeo compuesto entera (con croma y luma), tal como se puede observar en la siguiente figura:

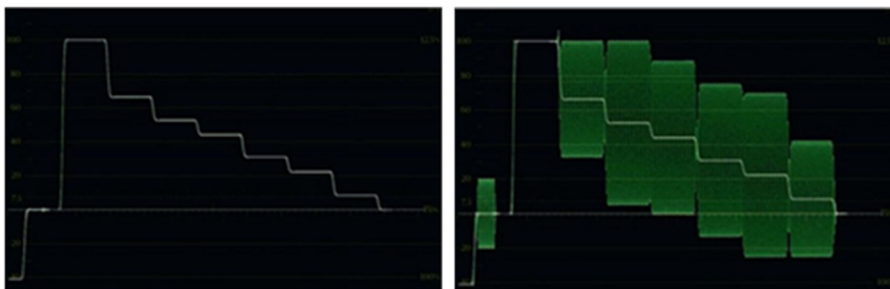


Figura 14. Visualización de luma (izquierda) y vídeo compuesto (derecha) de una señal de barras con MFO

Medida de la componente continua de la señal

Manteniendo el ajuste de escala, se desacopla el filtro de continua y se sustituye por el filtro para ver solo la luminancia y se utiliza como señal un sincronismo con nivel de negro (*black burst*): se obtiene un nuevo nivel, la componente continua no puede ser mayor de 2,75V con circuito en carga de 75Ω o 5,5V si el circuito está abierto.

Para ver el *burst* se reajusta la base de tiempo a $1\mu\text{s}/\text{div}$, lo que permite medir los tiempos del pórto anterior y posterior o niveles de negro, así como la uniformidad de la ráfaga.

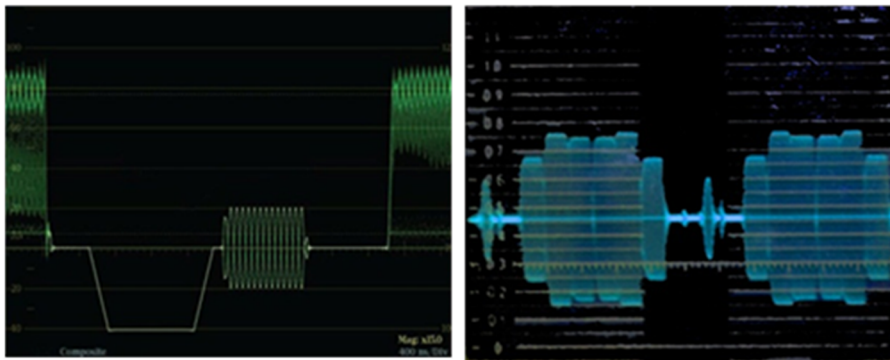


Figura 15. Visualización del *burst* de color (izquierda) y de dos líneas de croma sin luma (derecha)

Se pueden apreciar los sincronismos verticales con las opciones 2V y 2V MAG:

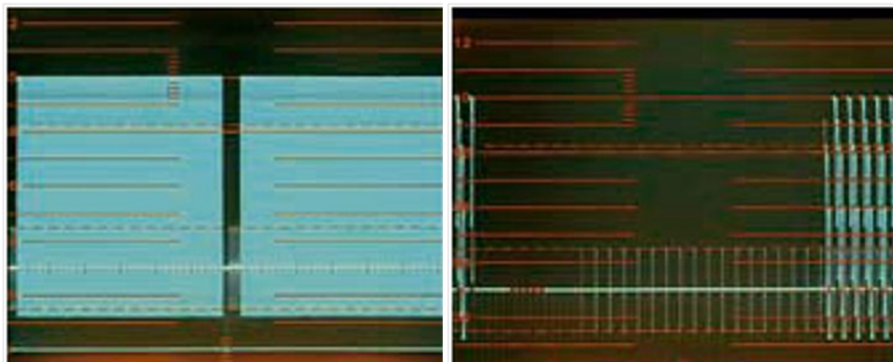


Figura 16. Visualización de los sincronismos verticales. Izquierda: 2V; derecha: 2v MAG

Finalmente también se pueden visualizar la señal de barras en componentes YUV:

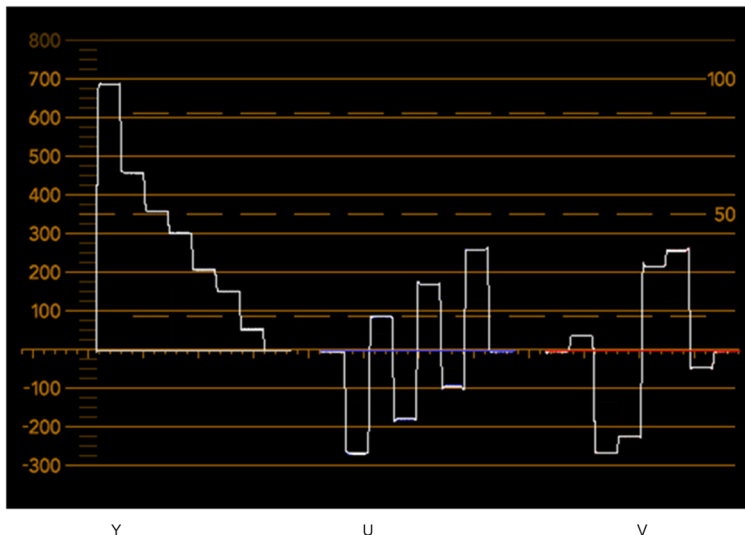


Figura 17. Visualización de la señal de barras en componentes YUV

La señal Y es monopolar (no tiene valores negativos y su rango va de 0 a 0,7 V), las señales U y V son bipolares, ya que, al ser de diferente color (color menos luminancia), pueden valer desde -0,5 V hasta 0,5 V.

2.2. Medida con vectorscopio

Además de la forma de onda, en una señal de televisión también interesa medir el color y, para ello, utilizaremos el vectorscopio, que expresa el color en fase (tinte del color) y módulo (saturación del color).

Los conectores y mandos más importantes del vectorcospio son los siguientes:

- **Input.** Tres canales de entrada de vídeo que permiten seleccionar la visualización que interese.
- **Ext.** Permite sincronizar el equipo a una señal externa.
- **Mode**
 - **Vect.** Visionado de la señal en forma de vector.
 - **DG.** Medida de distorsión de ganancia.
 - **DP.** Medida de distorsión de fase.
 - **X-Y.** Medida de nivel y fase de las señales de audio estéreo.
- **Position/phase.** Permite colocar el *burst* en el lazo de control y medirlo.

2.2.1. Interpretación de la cuadrícula y su origen

A partir de las señales de barras en componentes, su proyección en un diagrama polar da la representación +V (típica del NTSC):

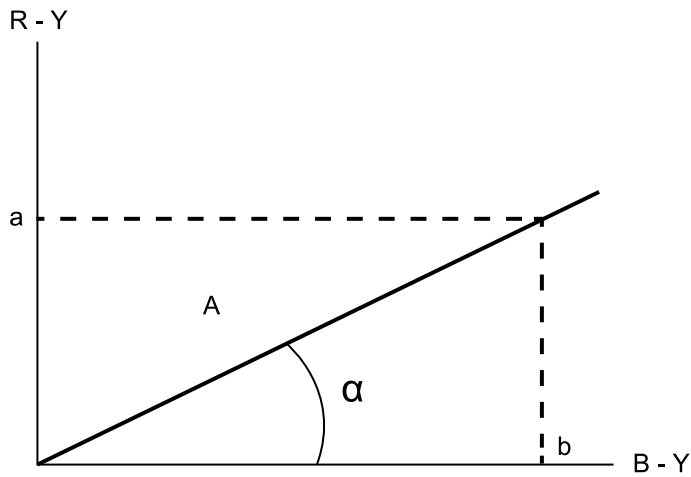


Figura 20. Vector crominancia

Las expresiones del módulo y fase se muestran a continuación:

$$\text{Módulo: } A_V = \sqrt{a_{R-Y}^2 + b_{B-Y}^2}$$

$$\text{Fase: } \alpha = \tan^{-1} \frac{a_{R-Y}}{b_{B-Y}}$$

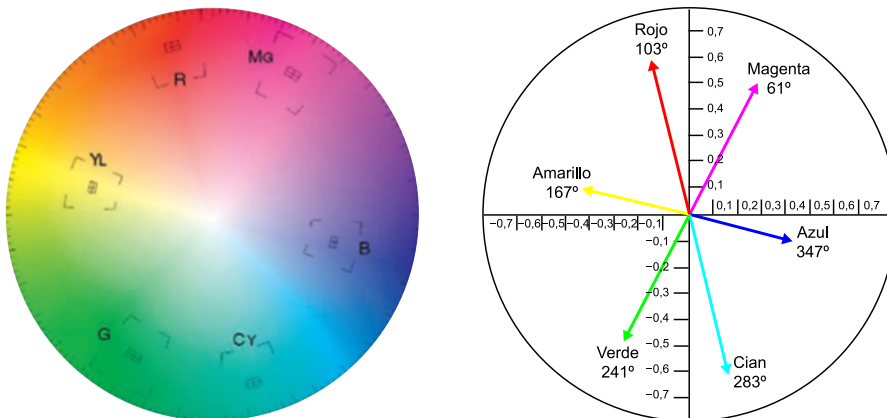


Figura 21. Carta de colores y vectores de vectorscopio de una señal de barras

2.2.2. Medida de una imagen con vectorscopio

Para hacer una medida de una imagen con un vectorscopio, en primer lugar se debe ajustar la representación del *burst* para marcar la fase de color en el lazo de ajuste:

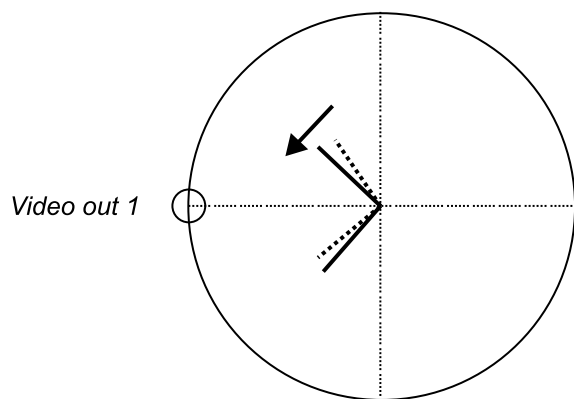


Figura 22. Ajuste de la fase del *burst* para medir con vectorscopio

Una vez ajustada la fase del *burst* a la referencia de la cuadrícula, se pueden medir los vectores de croma.

Ejemplo

En una imagen con un solo color se vería un solo vector correspondiente a una única senoide en el MFO:

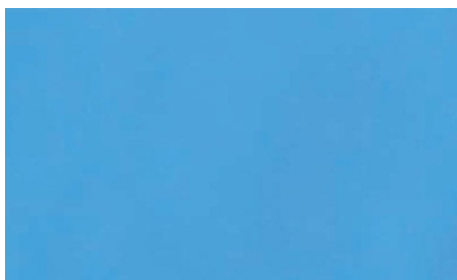


Figura 23. Imagen con un solo color entre azul y cian

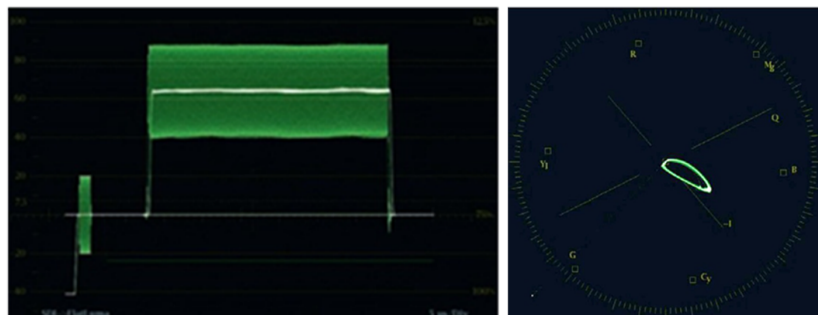


Figura 24. Visualización de la imagen anterior con MFO (izquierda) y vectorscopio (derecha)

Una señal de una imagen totalmente blanca o negra, así como una imagen en blanco y negro, no tendría representación, solo se vería el punto central.

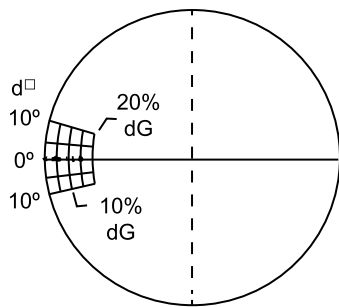
2.2.3. Medición de ganancia diferencial y distorsión de fase

Los errores por distorsión de ganancia diferencial pueden producirse por problemas de respuesta en frecuencia. Dado que la luma ocupa todo el ancho de banda y la croma está en la parte alta del canal, la variación de la croma con respecto a la luma puede provocar un cambio en la saturación de las zonas coloreadas y una variación en la tonalidad del color de la imagen.

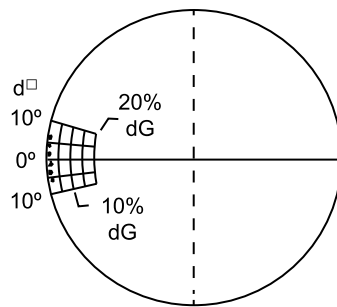
Los errores por distorsión de fase diferencial producirán distorsión alrededor de las líneas verticales, faltando definición entre estas. Si estos errores fueran grandes (el máximo permitido es del 10%), se podría producir doble imagen.

Lo similar en vídeo compuesto sería el retardo entre luma y croma.

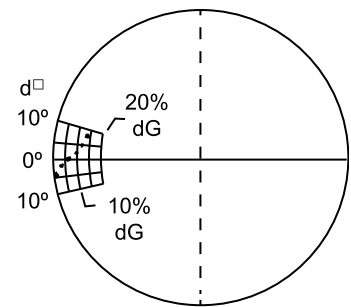
Estas medidas se hacen en señales en componentes (Y , P_r , P_b) a partir de la cuadrícula del lado izquierdo del gráfico, los resultados no pueden estar por fuera de esta:



Distorsión de ganancia diferencial



Distorsión de fase diferencial



Ambas distorsiones

Figura 25. Medidas de distorsión de ganancia diferencial y de fase diferencial con vectorscopio

3. Señales de test de televisión analógica

Existen una serie de señales de test normalizadas según CCIR que sirve para evaluar la calidad de un sistema de televisión. Esta evaluación se lleva a cabo inyectando la señal de test correspondiente en el sistema y midiendo los tiempos y niveles de la señal con los instrumentos de medida de vídeo.

En la siguiente tabla se enumeran las señales de test según CCIR y los resultados esperados:

Test	SignalUsed	VM700T Measurementmode
Video Output Level	CCIR17	Bar Line Time
Color BurstLevel	Anyvalid color signal	H Timing
SyncLevel	Anyvalid color signal	Bar Line Time, H Timing, others
Field Time Distortion	Field Square Wave	Two Field
Long Time Jitter	Anyvalid color signal	Jitter Long Time
SNRUnweighted	0% pedestal	AUTO, Noise Spectrum
LuminanceNonLinearity	CCIR17	LuminanceNonLinearity
DG	CCIR330	DGDP
DP	CCIR330	DGDP
ChromaAmplitude Error	CCIR331	ChrominanceNonLinearity
ChromaPhase Error	CCIR331	ChrominanceNonLinearity
Chroma / Luma Intermod	CCIR331	ChrominanceNonLinearity
Multiburst	CCIR18	Multiburst
H-SyncJitter	Anyvalid color signal	Jitter
75% Color Bar Vector	75% Color Bar	ColorBars, Vector, others
GroupDelay	Sin X/X	GroupDelay Sin x/x
CL Gain	CCIR17	ChromLumGainDelay
CL Delay	CCIR18	ChromLumGainDelay
Line Time Dist.	CCIR17	Bar Line Time
Short Time Distortion	Special 1T CCIR17	Short Time Distortion
2T K Factor	CCIR17	K Factor
BurstFrequency	Anyvalid color signal	BurstFrequency

Test	SignalUsed	VM700T Measurementmode
SCHPhase	Anyvalid color signal	SCHPhase, Auto
Bar Tilt	CCIR17	Bar Line Time
Color Bar measurements	75% Color Bar	ColorBar, Auto, Vector

Señales de test CCIR

3.1. Medidas de señales de test con equipo de test de vídeo

A continuación se muestran algunas señales de test en el dominio temporal (en formato MFO) y en el dominio de croma (en formato vectorscopio) medidas con el equipo Tektronix WFM7120:

- Señal de test CCIR 17 (figura 26)
- Señal de test CCIR 18 (figura 27)
- Señal de test CCIR 330 (figura 28)
- Señal de test CCIR 331 (figura 29)
- Señal de test CCIR 75% Color ars (PAL) (figura 30)

Estas señales corresponden a imágenes con mucha variación de luma y croma que tratan de ver la respuesta de los receptores a posibles desestabilizaciones por distorsión de señales de alta frecuencia.

3.1.1. Señal línea 17 (CCIR 17)

Esta señal test se inserta en la línea 17, se utiliza para realizar medidas de ganancia de inserción y respuesta a los transitorios de corta y larga duración, y contiene los siguientes elementos:

- Barra de luminancia de 10 μ seg de ancho y amplitud de 0,7V (blanco al 100%).
- Pulso 2T, se coloca a 26 μ seg del flanco de bajada del sincronismo, dura 200 nseg y tiene una amplitud del 100%.
- Pulso 20T modulado. Es un pulso de relleno de subportadora que dura 2 μ seg con una amplitud de 0,7V. Su base se posiciona a 30 μ seg, el techo a 32 y el otro extremo de la base a 34 μ seg del flanco de bajada del sincronismo horizontal.
- D1 escalera de luminancia compuesta por cinco escalones de 140mV.

Medidas a tomar:

- Amplitud de la luminancia
- Inclinación de la barra

- Luminancia no lineal
- Distorsión de la señal de crominancia
- Distorsión de corta duración

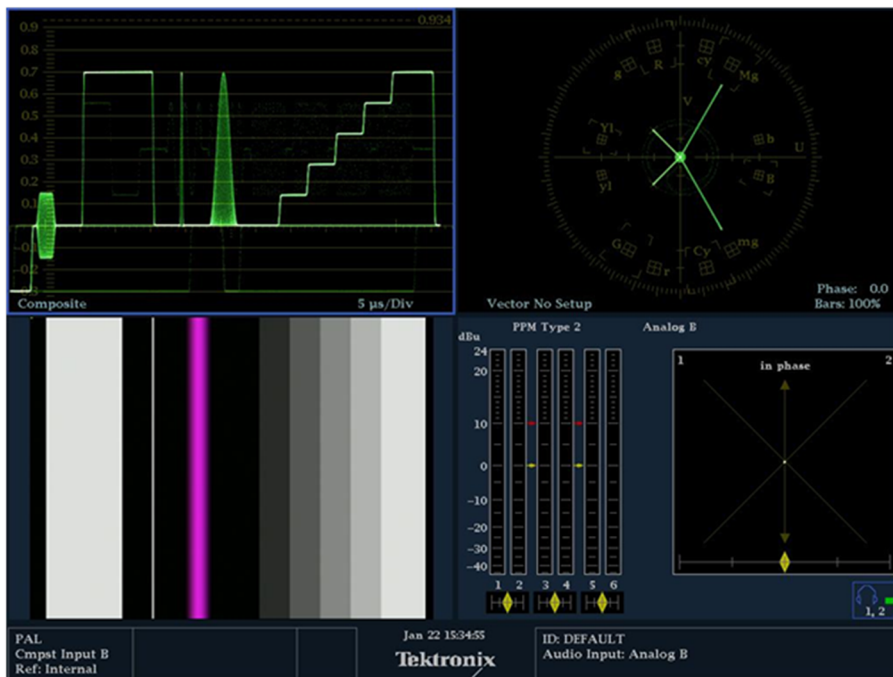


Figura 26. Medidas con el Tektronix WFM7120 de la señal de test CCIR 17

3.1.2. Señal línea 18 (CCIR 18)

Con esta señal se mide la distorsión amplitud-frecuencia y contiene los siguientes elementos:

- Barra de luminancia de 4 μ seg de ancho.
- Seis paquetes a distintas frecuencias de 4 μ seg de ancho.

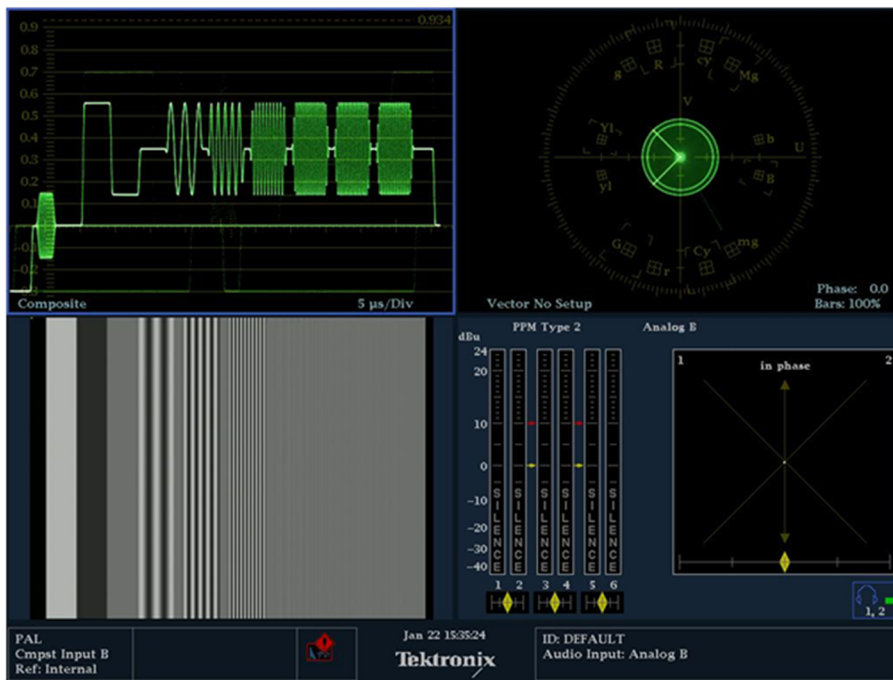


Figura 27. Medidas con el Tektronix WFM7120 de la señal de test CCIR 18

3.1.3. Señal línea 330 (CCIR 330)

Esta señal se utiliza para controlar la característica transitoria del canal de corta y larga duración y contiene los siguientes elementos:

- Barra de luminancia de 4 μ s de ancho y amplitud de 0,7V (blanco 100%) y una anchura de 10 μ seg situada a 12 μ seg del flanco de bajada del sincronismo horizontal. Los tiempos de caída de los flancos se deducen de la formación del impulso seno cuadrado.
- Impulso seno cuadrado o 2T, se posiciona a 26 μ seg del flanco de bajada del sincronismo horizontal, tiene una duración de 200 nseg y una amplitud de 0,7 V (blanco al 100%).
- Escalera de luminancia de 6 peldaños con frecuencia de subportadora de color sobrepuesta. La fase de la subportadora indica un color lila.

Medidas a tomar:

- Ganancia diferencial: distorsión de la amplitud de crominancia debido a la amplitud de luminancia.
- Fase diferencial: distorsión de la fase de crominancia debido a la amplitud de luminancia.

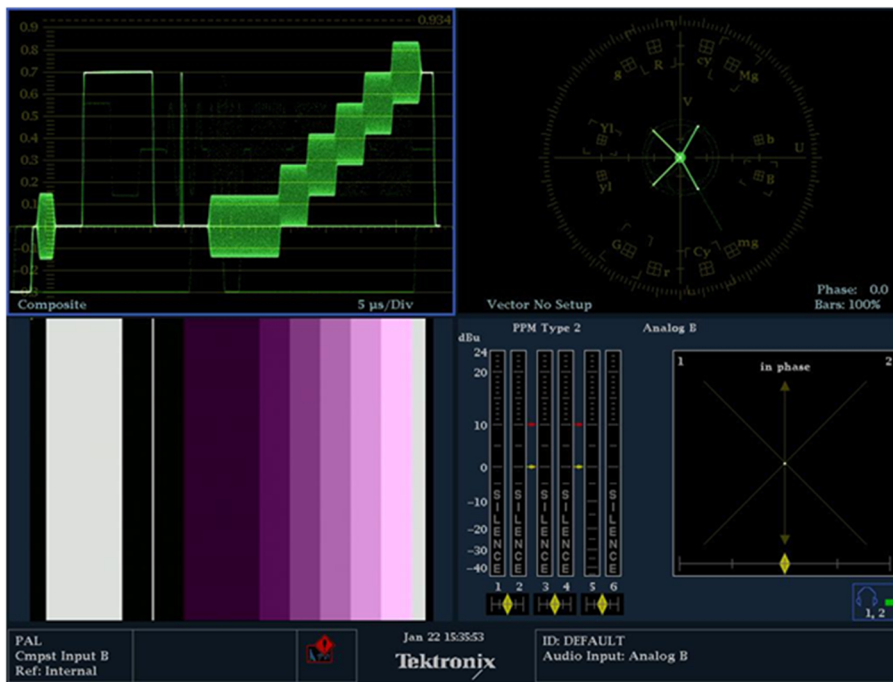


Figura 28. Medidas con el Tektronix WFM7120 de la señal de test CCIR 330

3.1.4. Señal línea 331 (CCIR 331)

Esta señal se utiliza para medidas de la fase diferencial y contiene los siguientes elementos:

- Tres niveles de subportadora modulados sobre un pedestal de 350mV sobre el nivel de negro con las amplitudes: 140 mV, 420 mV y 700 mV.
- Subportadora modulada sobre 350 mV de luminancia y 420 mV de amplitud, con una duración de 26µs.

Medidas a tomar:

- Intermodulación croma-luminancia: distorsión de amplitud de luminancia debido a la amplitud de la croma.
- Distorsión de la amplitud de croma debido a su propia amplitud.
- Distorsión de la fase de la croma debido a su propia amplitud.

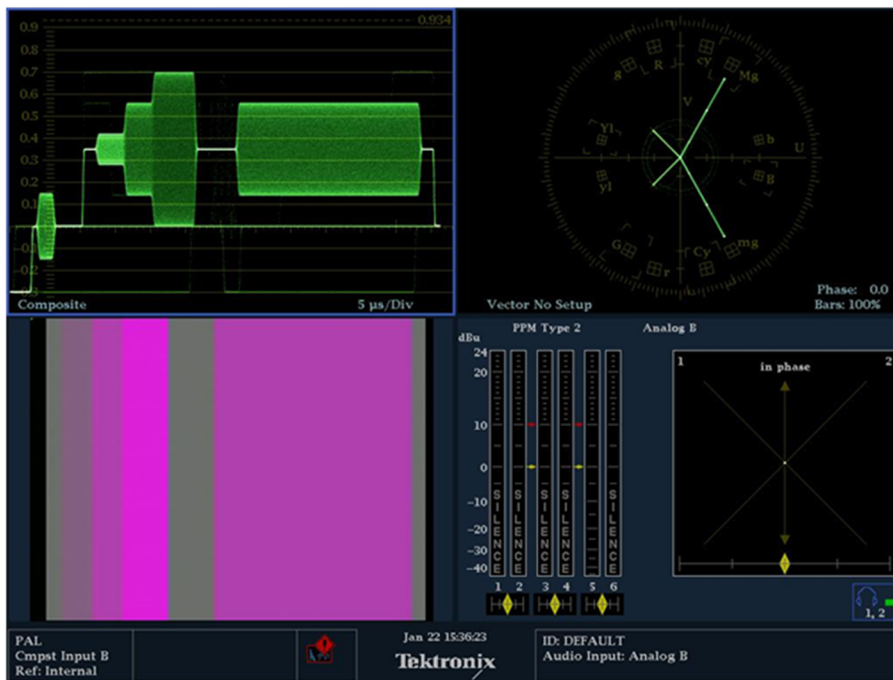


Figura 29. Medidas con el Tektronix WFM7120 de la señal de test CCIR 331

3.1.5. Señal 75% barras de color (CCIR 75% color bars)

Esta señal se utiliza para ver y ajustar los niveles de luminancia y crominancia de los colores primarios.

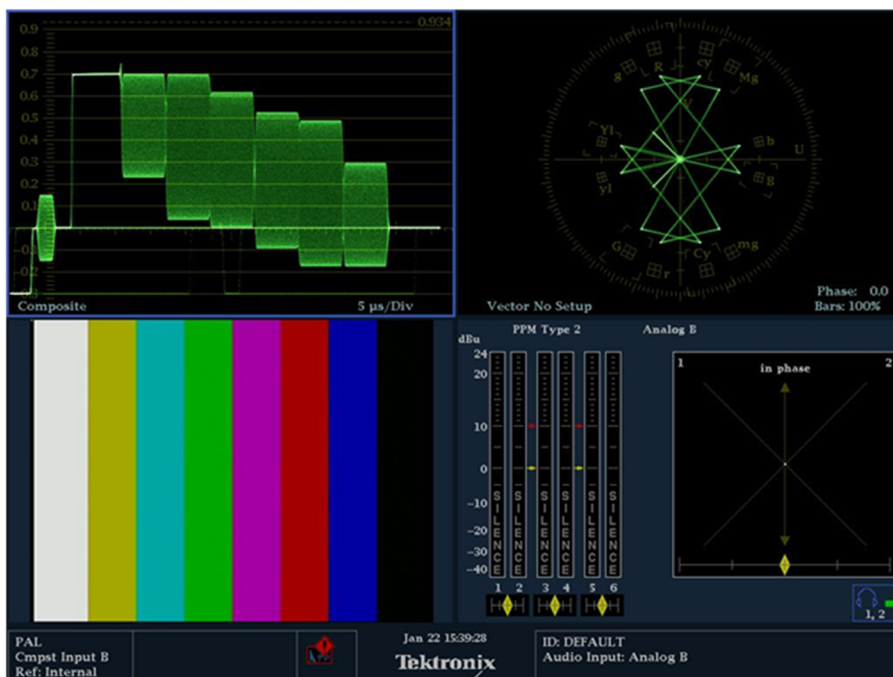


Figura 30. Medidas con el Tektronix WFM7120 de la señal de test 75% Color Bars (PAL)

4. Medida de calidad de la señal digital

La calidad de la señal de televisión digital se mide, en primer lugar, por su calidad como tren de pulsos a partir del **diagrama del ojo** de la señal, a continuación se mide la calidad de la información televisiva que transporta (luminancia y la crominancia). Esta información se puede obtener mediante una tarjeta de adquisición de vídeo de precisión con el software adecuado y se pueden representar en la pantalla del ordenador en formato MFO y vectorscopio, lo que permite un análisis más visual que el que se puede realizar solamente a partir del flujo binario.

4.1. Parámetros de calidad de la señal digital

Unos de los problemas para los ingenieros de las señales digitales es el llamado *acantilado digital*: cuando el sistema está a punto de perder su capacidad para interpretar la información de la señal de televisión, pero gracias a su robustez es capaz de visionarla correctamente, aunque si se aumenta la capa física (aunque sea un metro de cable de señal), esta se pierde totalmente. ¿Cómo saber en qué punto nos encontramos?

Los parámetros que definen la calidad de cualquier señal digital son los siguientes:

- **Amplitud.** Diferencia en voltios entre el valor superior e inferior del tren de bits.
- **Tiempo de conmutación.** Tiempo que se tarda en conmutar del estado alto al bajo y viceversa.
- **Jitter.** Diferencia de tiempo entre donde debería ocurrir una transición y donde realmente ocurre.

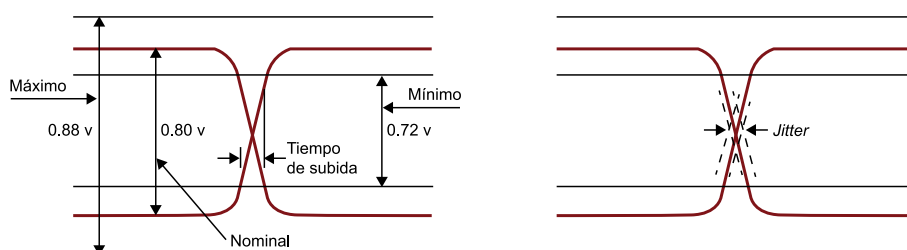


Figura 31. Amplitud, tiempo de conmutación y jitter en una señal de televisión digital

Lectura de la imagen

En una señal SDI de televisión digital, la amplitud máxima debe ser 0,88 V; la mínima, 0,72 V, y el valor nominal 0.80 V. El tiempo de conmutación (subida y bajada) debe estar comprendido entre 0,75 y 1,5 nseg y el jitter debe ser menor a 0,5 nseg.

El *jitter* puede ser estable u oscilar entre dos o más puntos en el tiempo. Un *jitter* excesivo puede provocar pérdida del reloj, y, por tanto, de los datos.

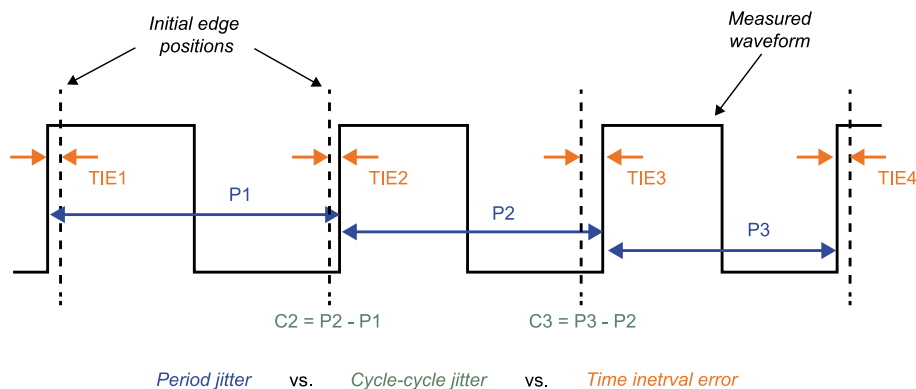


Figura 32. Efecto del *jitter* en una señal digital

Las causas que pueden distorsionar estos parámetros son diversas, entre las cuales podemos citar las siguientes: ruido en la transmisión, interferencias, desadaptación de impedancias derivadas del uso de cables con impedancia característica distinta de $75\ \Omega$ o uso de equipos con impedancias distintas de $75\ \Omega$.

4.2. Diagrama del ojo

Los tres parámetros de calidad citados en el apartado anterior se pueden observar con precisión mediante una sola representación de la señal como es el diagrama del ojo.

El diagrama del ojo se forma superponiendo varios ciclos de la señal digital.

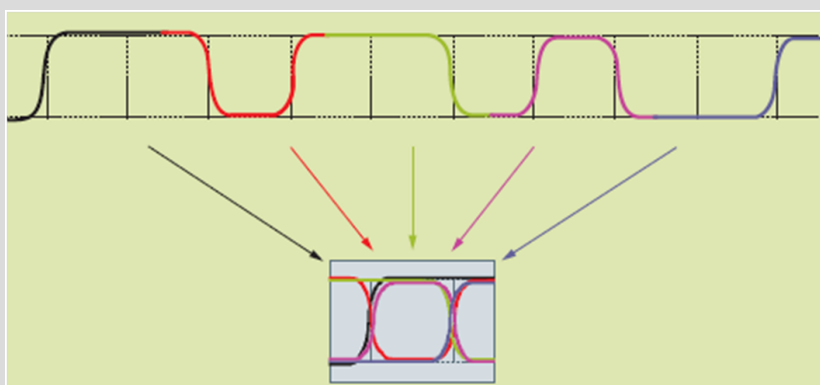


Figura 33. Formación del diagrama del ojo

El diagrama del ojo se puede formar a partir de la adquisición de la señal digital con un osciloscopio digital y la aplicación del algoritmo de superposición de ciclos correspondiente, que se puede encontrar como función básica en

MATLAB (commscope.eyediagram). De todas formas, cualquier osciloscopio digital mínimamente avanzado dispone de la opción de visualizar el diagrama del ojo de una señal digital.

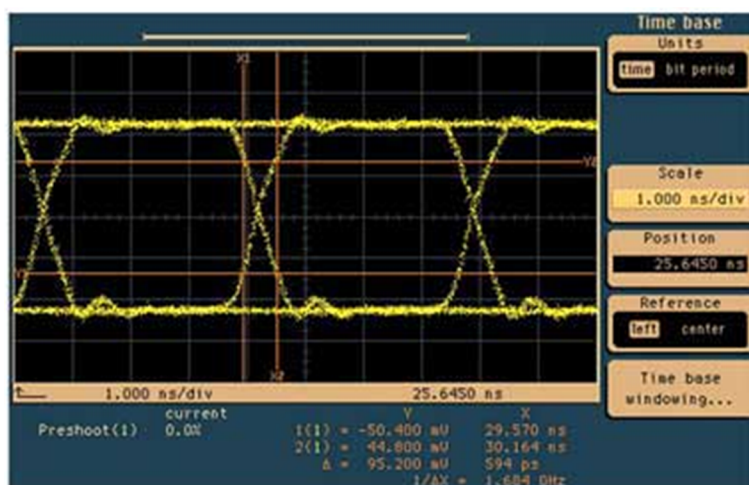


Figura 34. Diagrama del ojo en un osciloscopio

En la siguiente figura se presenta la medición del diagrama del ojo de una señal SDI.

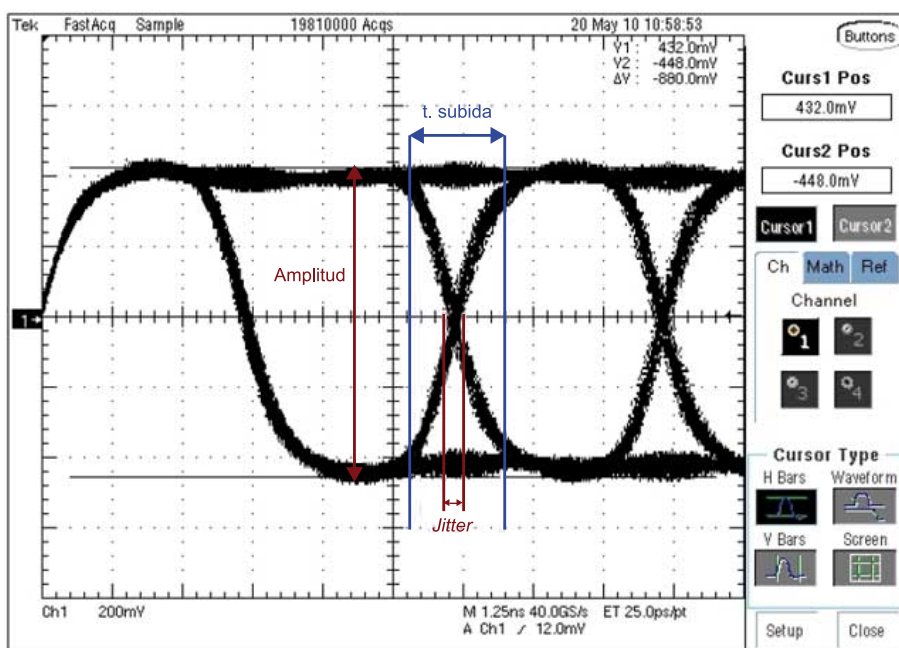


Figura 35. Diagrama del ojo de una señal SDI medida en el laboratorio

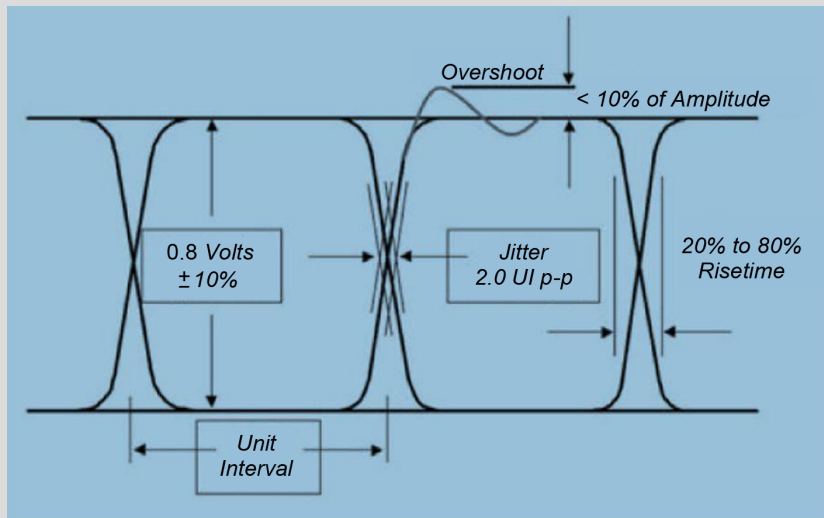
Se observa una amplitud de 0,88 V (justo el valor máximo permitido), un *jitter* de 0,25 nseg (dentro de norma) y un tiempo de conmutación (o de subida) de 1,7 nseg (por encima de lo permitido). No sería, pues, una señal SDI válida y habría que revisar las causas de la distorsión del tiempo de subida. Muy probablemente se trate de un problema de desadaptación de impedancias: el ruido y las interferencias atacan más a la amplitud y al *jitter*.

Ved también

Ya hemos visto las condiciones para verificar la calidad de la señal SDI en el apartado "Parámetros de calidad de la señal digital".

Cuando se analiza un diagrama *jitter* de una señal en el osciloscopio, se deben controlar los siguientes parámetros:

- El intervalo de unidad (*unit interval* UI)
- Tiempo de *jitter*
- Sobreimpulso (*overshoot*) que ha de ser inferior al 10% de la amplitud
- Amplitud



El diagrama del ojo tiene unas zonas de decisión que informan sobre los niveles de amplitud alto y bajo, el ruido y el *jitter* de la señal:

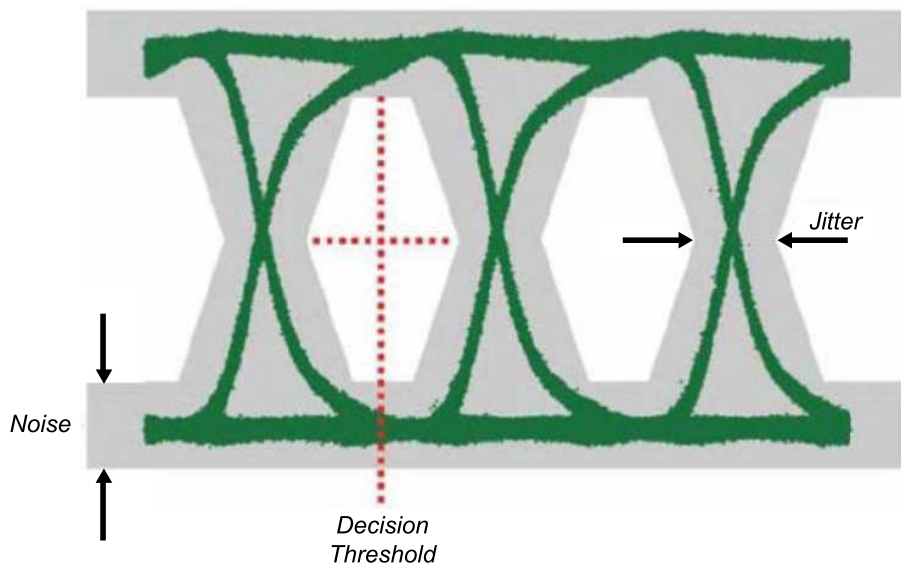


Figura 37. Zonas de decisión de un diagrama de ojo

4.2.1. Ejemplos de distorsiones en el diagrama de ojo

A continuación se presenta la evolución temporal del diagrama de ojo de una señal cuya distorsión se va degradando progresivamente:

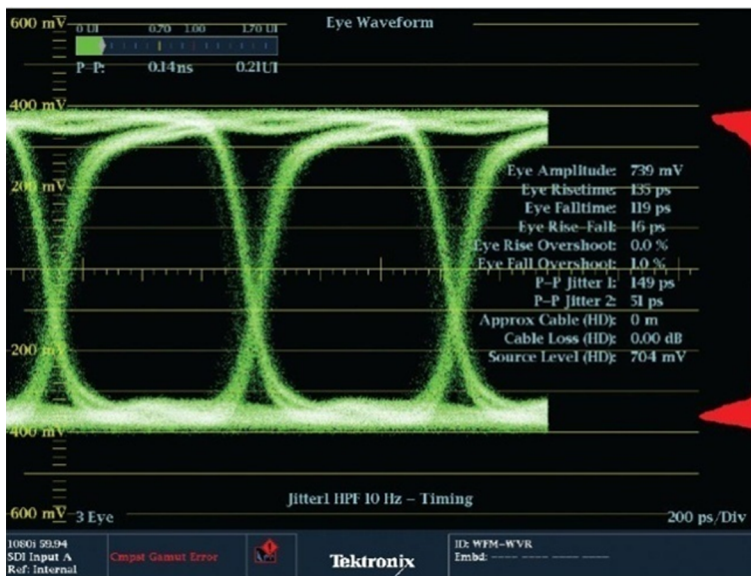


Figura 38. Trama de señal prácticamente sin distorsión

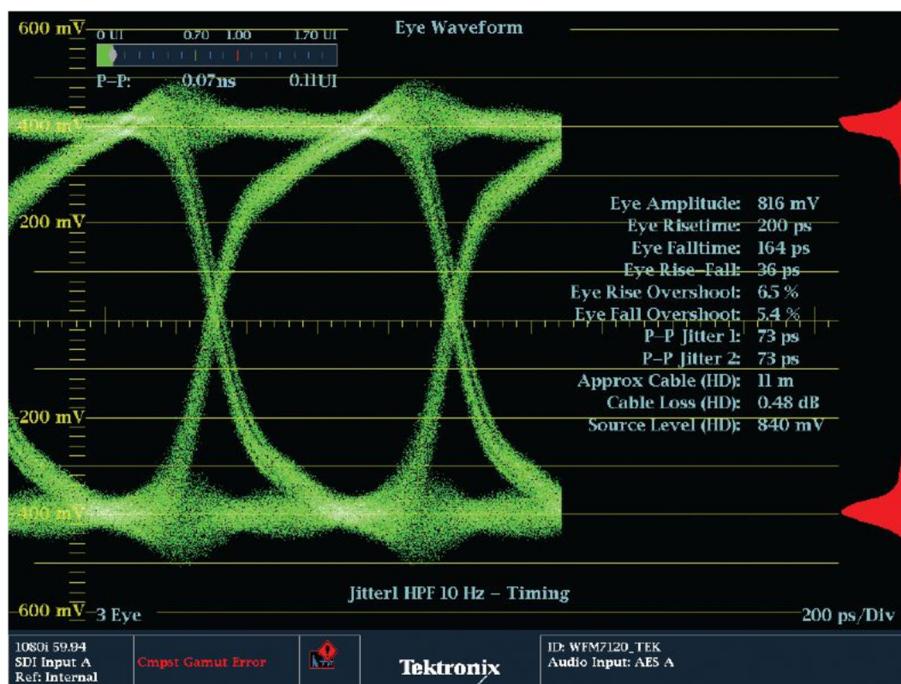


Figura 39. Trama de señal con un ligero sobreimpulso

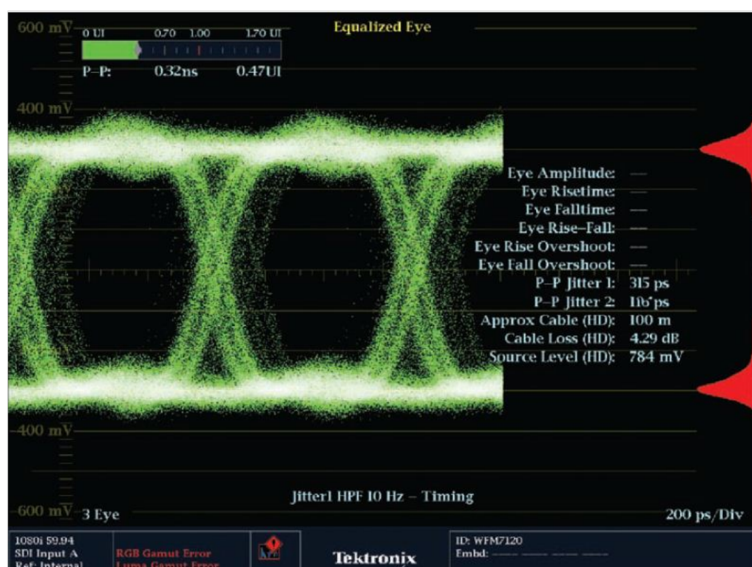


Figura 40. Trama de señal con distorsión significativa

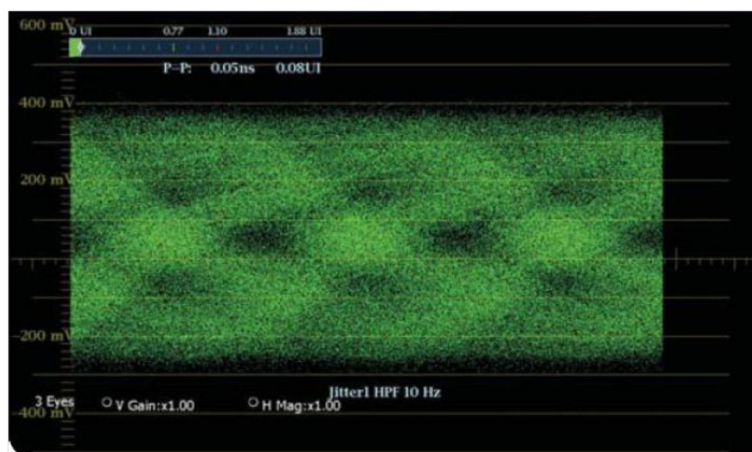


Figura 41. Trama de señal con distorsión máxima. Pérdida de señal

4.3. Medidas de señales de tests digitales con equipo de tests de vídeo

4.3.1. Medida de estrés en la capa física

La medida de estrés en la capa física se debe hacer fuera de servicio y consiste en modificar parámetros de la señal hasta que se produce el fallo. Cuantificando estos cambios se puede saber cuán robusto es el sistema.

Una manera simple de forzar el sistema consiste en añadir cable hasta su colapso (*cable length testing*): la señal SDI sufre atenuación y desplazamiento de fase en su camino por el cable. Estas pérdidas son compensadas por un ecualizador en la etapa receptora de los equipos. En este caso, los parámetros a medir serán: la aparición de errores y la distorsión del diagrama del ojo.

4.3.2. Test de la señal "patológica" o *SDI check field test*

Este test consiste en dos señales digitales que fuerzan al receptor para ver si es suficientemente robusto:

- **Testeo del ecualizador de línea del receptor.** Se realiza mediante una señal NRZI (*non-return-to zero inverted*) con una secuencia de 19 niveles bajos seguidos por uno alto (18 ceros seguidos de 2 unos) o al revés, 19 niveles altos seguidos de un nivel bajo (18 ceros seguidos de 2 unos). Esto se repite a lo largo de una sola línea y una vez por campo, aproximadamente cuando el *scrambling* recibe la condición de arranque necesaria y persiste por toda la línea terminando al llegar el paquete EAV. Esta secuencia contiene un alto nivel de componente continua (DC), que lleva al límite a las capacidades analógicas del equipo y sistema de transmisión que maneja la señal. Esta parte de la señal de prueba suele aparecer en la mitad superior de la pantalla como un color uniforme de tono magenta, con el valor de luminancia fijado a 198h SMPTE (66,0h en nomenclatura EBU) y ambos canales de croma fijados a 300h SMPTE.

Si hay mala linealidad en el amplificador se presentarán errores en las transiciones del pico de señal. Conviene pasar también el test invertido.

- **Testeo del funcionamiento del PLL.** La señal de testeo del funcionamiento del PLL está diseñada para comprobar el comportamiento de los circuitos recuperadores de reloj *phase-locked-loop* con una línea ocasional consistente en una secuencia de 20 niveles altos (19 ceros seguidos de 1 uno) seguidos por 20 niveles bajos (19 ceros seguidos de 1 uno), que también se repite a lo largo de una línea hasta la llegada del paquete EAV. Esto proporciona un mínimo número de cruces por cero (o unos) para la extracción del reloj, lo que provoca pérdida de sincronismo en el receptor.

Esta parte de la señal suele aparecer como la mitad inferior de la pantalla como un tono gris, con el valor de luminancia fijado a 110h SMPTE.

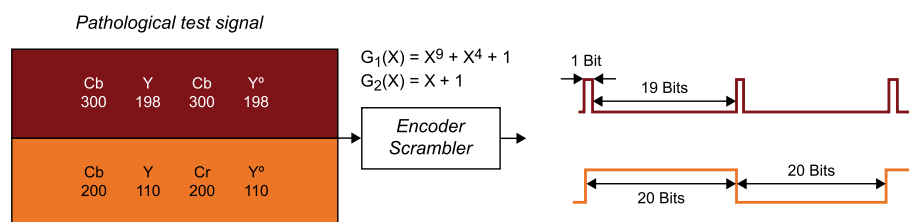


Figura 42. Señal del test de señal "patológica" o *SDI check field test signal*

5. Ejemplos de mediciones de señales reales de televisión

En este apartado se analizan diferentes imágenes reales de televisión midiéndolas tal como se ha indicado en este módulo.

5.1. Tablero de ajedrez

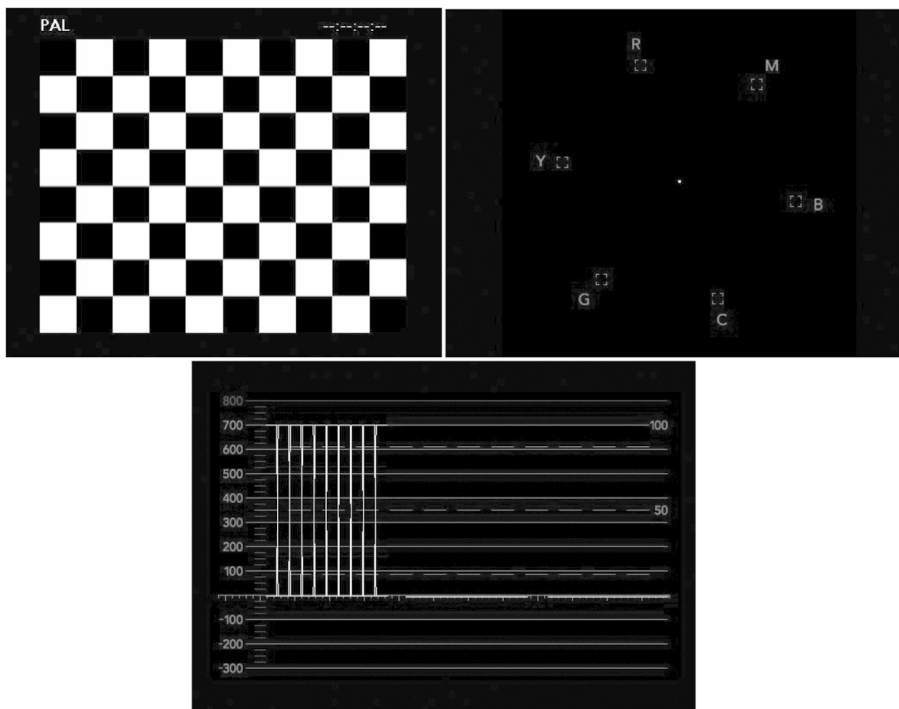


Figura 43. Imagen y medidas del tablero de ajedrez

Lo primero que se aprecia es la falta de color de la imagen, por lo que el vectorscopio no muestra ningún vector, solo devuelve el punto central.

Al observar la medición YUV, se comprueba que las componentes U (línea azul) y V (línea roja) no dan niveles, no hay color en la imagen. Por el contrario, la luma (Y), que expresa la señal de blanco (0V) y negro (0.7V), pasa de 0 a 700mV.

5.2. Balón de fútbol



Figura 44. Imagen de un balón en un campo de fútbol en color y en blanco y negro

Para entender las mediciones, lo primero que se debe analizar es su componente en B/N, lo que permite apreciar mejor sus niveles de señal de luma (Y). La siguiente figura muestra la medida del vídeo compuesto de la imagen:

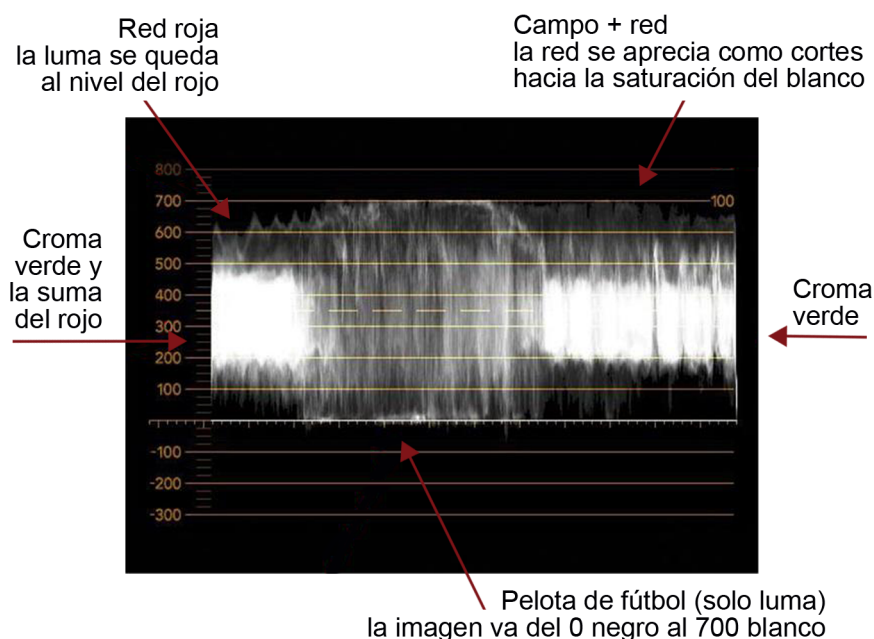


Figura 45. Medida del vídeo compuesto de la imagen del balón

Se puede distinguir claramente la parte de la pelota que va de niveles bajos (negro) a niveles altos en el centro de la imagen. Al estar viendo una imagen de la señal medida en vídeo compuesto, alrededor de la pelota se ve la señal del color verde, como una tira uniforme, cortada por la red de la portería, que es blanca en la parte derecha de la pelota, y en el monitor de forma de onda (en modo vídeo compuesto) se aprecia su corte hacia la saturación del blanco. En el lado izquierdo de la pelota, al ser roja la red, la saturación de la luma es la propia del color rojo.

La parte del campo con su color verde, en luma, da un nivel de tensión prácticamente en línea horizontal al ser un color uniforme y constante.

Recordad

La señal de barras que cada color da, en luma, una línea constante.

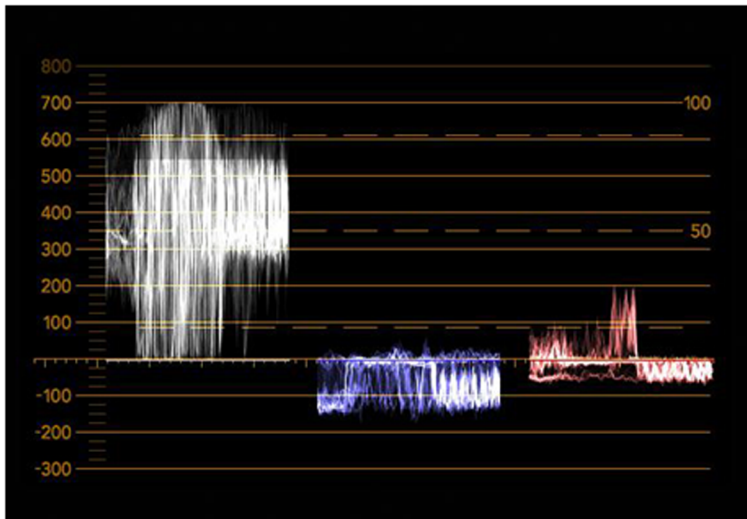


Figura 46. Medida de la imagen del balón en componentes YUV

Al analizar el color, se aprecia en el vectorscopio el dominante verde del campo, lo que marca el vector hacia G y también la red roja de la portería que da una fina desviación hacia la R:

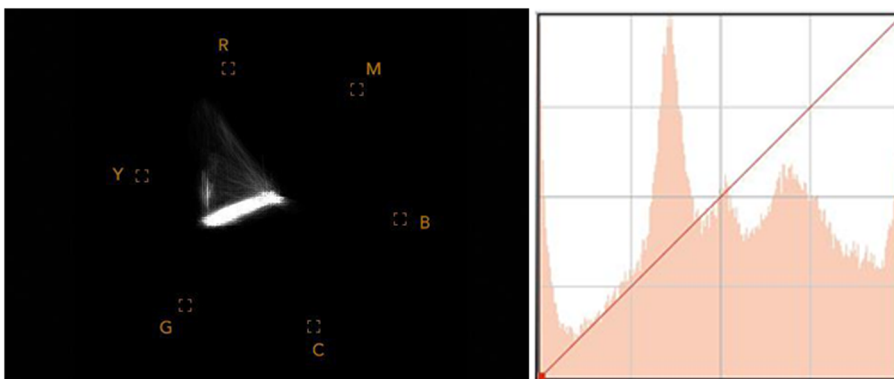


Figura 47. Medida de la imagen del balón con vectorscopio

Si se analiza la componente V, se ve cómo se corresponde el pico de saturación con la red de la portería roja.

5.3. Logotipo blanco sobre fondo rojo

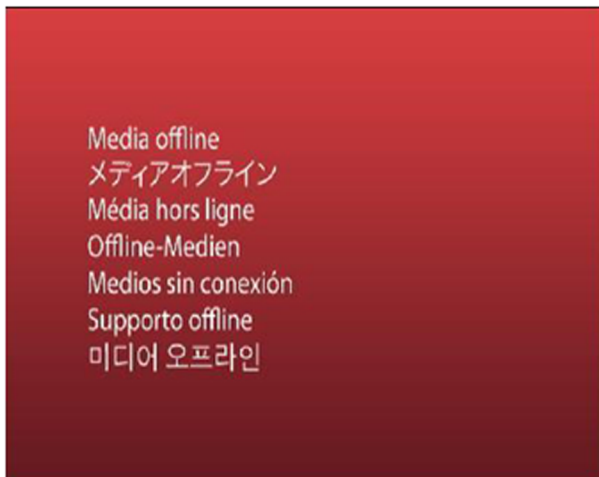


Figura 48. Imagen del logotipo blanco sobre fondo rojo (el rojo está degradado)

Al analizar la medida en luma, se ve claramente la parte de las letras que saturan a 700mV. La parte del color es muy interesante, ya que se aprecia la degradación del color en los diferentes niveles de tensión de luma del color rojo.

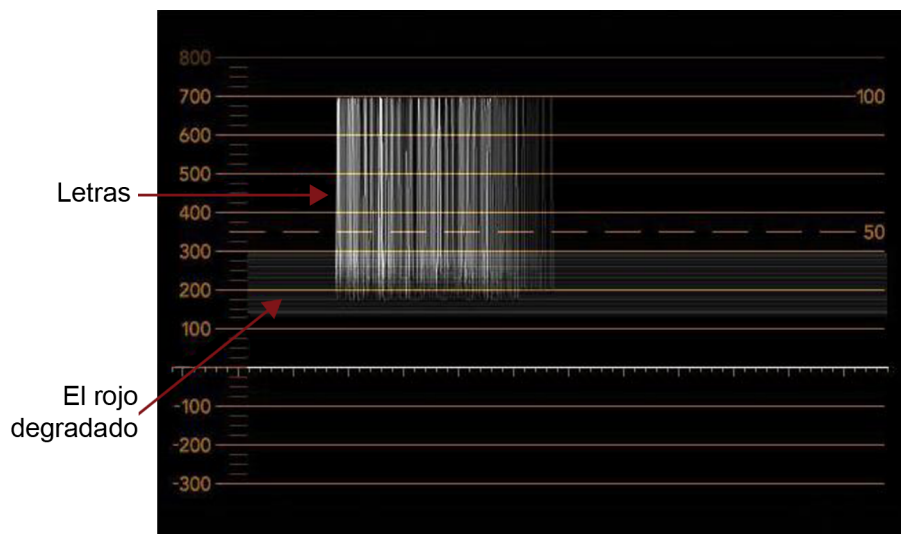


Figura 49. Medida de la luma del logotipo

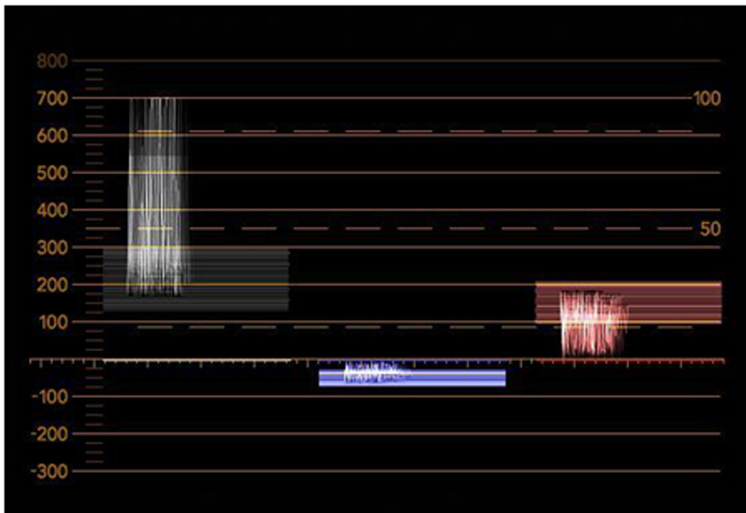


Figura 50. Medida de las componentes YUV del logotipo blanco sobre fondo rojo

Por último, en el vectorscopio se ve el vector orientado hacia la componente roja, al no haber ningún otro tipo de color, es un vector muy definido.

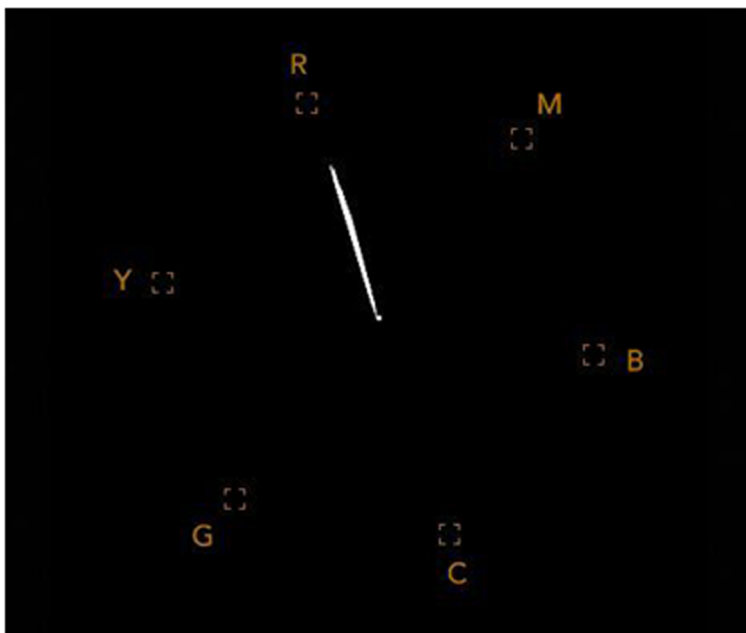


Figura 51. Medida de la imagen del logotipo con vectorscopio

5.4. Cielo con círculo amarillo



Figura 52 Imagen del cielo con círculo amarillo (representa el sol)

La siguiente figura representa la señal en vídeo compuesto y se distingue claramente el punto amarillo. Hay que recordar que la crominancia va modulada sobre la luma, por eso la parte del color esta fuera del nivel de 700mV, aunque se puede apreciar una saturación en su color.

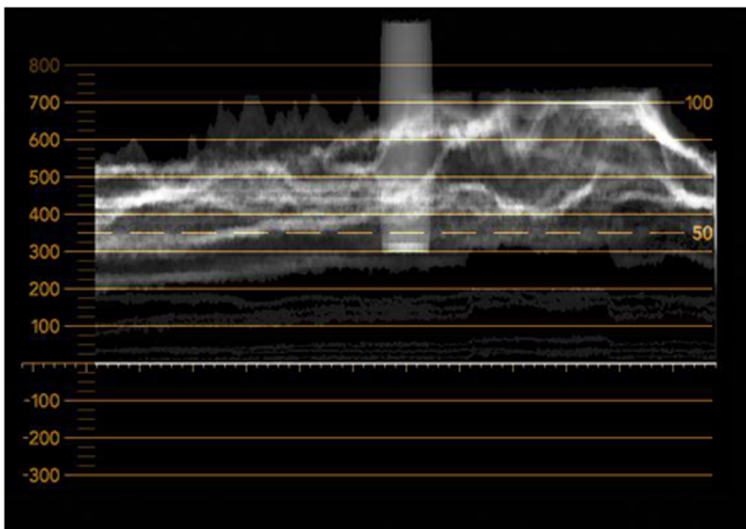


Figura 53. Medida de la luma del cielo con círculo amarillo

La parte de la imagen donde está el sol, se va a blanco prácticamente sin color, por lo que la medida alcanza el 700mV.

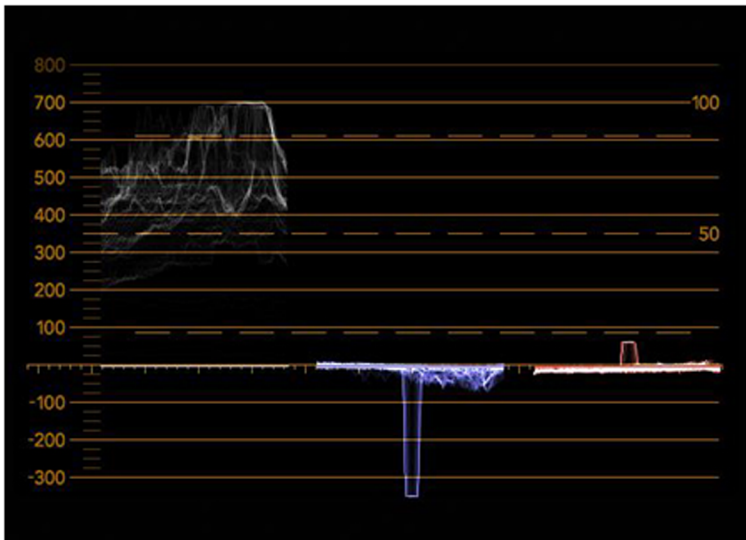


Figura 54. Medida de las componentes YUV del cielo con círculo amarillo

La medida del vectorscopio da una señal en la que prácticamente no hay color, es un cielo gris y con un punto saturado de color amarillo. Esto da como resultado un vector que representa un color (definido por el ángulo) saturado (longitud del vector).

Para que el color no estuviera saturado y fuese el amarillo puro se tendría que quedar en el cuadrado que se ve cerca de la Y (yellow).

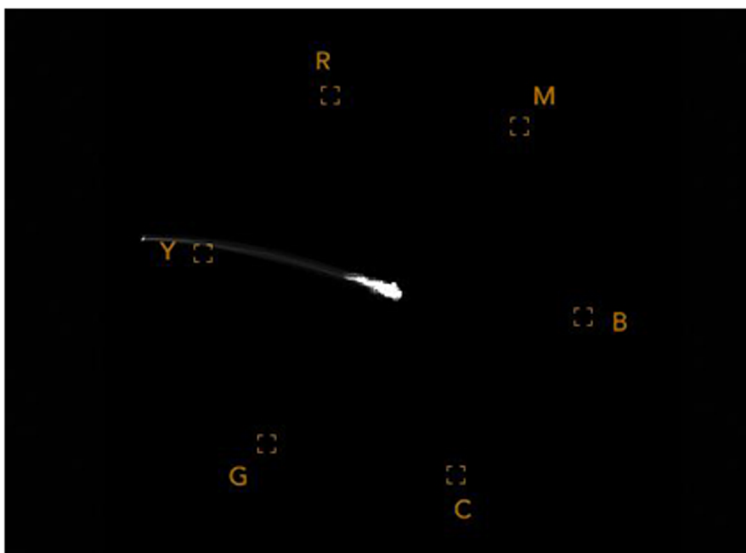


Figura 55. Medida de la imagen del cielo con punto amarillo con vectorscopio

