

VIACRUCIS

De la degradación de la imagen digital desde la captación hasta la mirada del espectador.

Por Alfonso Parra AEC, ADFC

Dentro del trabajo que los directores de fotografía desarrollamos tiene especial relevancia la preocupación por intentar que los espectadores vean la imagen lo más parecido a como nosotros la concebimos, y en esta preocupación, hemos encontrado, en el pasado y en el presente nuestro particular viacrucis. En los tiempos analógicos mostrábamos nuestro trabajo en el laboratorio, en la tercera o cuarta copia, porque sabíamos que solo ahí se iba a ver nuestra imagen en condiciones. Una vez aprobado el positivo, se procedía a tirar las copias, las cuales no siempre se hacían en el positivo elegido por nosotros algo que ya introducía modificaciones en el color y la densidad de la copia. Si bien es cierto que en algunos casos podíamos controlar la copia de estreno y hacerlo en el cine donde se iba a dar la proyección, nuestras copias salían finalmente al exterior y eran proyectadas de formas muy distintas, proyectores que no tenían el suficiente amperaje, lentes de proyección en malas condiciones, ventanillas de proyección equivocadas que cambiaban el formato concebido en el origen o simplemente la copia había pasado ya tantas veces por el proyector que apenas si era un fantasma de la propuesta original. Nada podíamos hacer al respecto, tampoco cuando nuestro negativo era telecinado o escaneado sin nuestra supervisión para TV. La irrupción de la tecnología digital no ha aliviado en exceso nuestro camino hacia la degradación de las imágenes, sobre todo considerando que en la actualidad, cualquier imagen que filmemos acaba en múltiples plataformas: salas de cine, televisores HD o 4k, HDR, teléfonos móviles, tabletas, en nuestros computadores vía Internet, etc. Me gustaría a lo largo de este artículo mostrar la cadena de desastres digitales que une nuestra mirada con la del espectador y aliviar así nuestro particular viacrucis al compartirlo con los demás colegas.

Los dos aspectos que más sufren en los distintos procesos que van desde la captura de la imagen hasta su proyección final son la resolución y el color. Veamos ahora paso por paso las herramientas y conceptos que influyen en estos parámetros.

Los pilares sobre los que se sustentan la calidad de la imagen digital que podemos crear con la cámara son: las lentes, el número de bits para contener la imagen, los *codecs* de compresión, el rango dinámico que la cámara puede manejar que está íntimamente relacionado con el número de bits y por último el espacio de color. Todos estos elementos contribuyen a crear la imagen que posteriormente pasaremos a la posproducción y de ahí a los espectadores vía distribuidores.

Las lentes son la primera herramienta que situamos entre la realidad, tal como nosotros la percibimos, y su representación. La lente convierte nuestro espacio tridimensional en dos dimensiones que queda enmarcado en un rectángulo, el del sensor y nuestro formato. De ahí la importancia fundamental de elegir la lente adecuada. Desde un punto de vista puramente técnico, es mejor una lente con más resolución, que otra, es mejor una lente con pocas aberraciones que otra con muchas. En la actualidad las lentes profesionales que usamos de alta gama no presentan diferencias considerables en cuanto a sus cualidades técnicas, todas dan una excelente resolución, con correcciones de las aberraciones muy buenas y las diferencias entre unas y otras están en la personalidad con que cada fabricante dota su producto, así las Cooke son distintas a las Zeiss o las Leica y los zoom Angenieux son distintos a los Fujinon. De forma que a la hora de elegir un lente y si nuestro presupuesto lo permite optemos por lentes de alto nivel ya que están contribuirán básicamente a tener una muy buena resolución de los detalles así como la nitidez y la luminosidad adecuada. En un próximo artículo haremos una descripción detallada de todos aquellos aspectos a considerar a la hora de elegir un lente para nuestro proyecto.

El sensor es el corazón de nuestra cámara y de su diseño depende en gran medida la calidad primera de la imagen. En la actualidad trabajamos mayoritariamente con sensores CMOS con patrón Bayer para la cinematografía digital aunque hay fabricante que utilizan otros tipos de estructuras en sus sensores, como Sony en su F65 que usa patrones RGB en forma de diamante

o las investigaciones para fabricar sensores basados en otras tecnologías como el sensor QuantumFilm o Foveon.

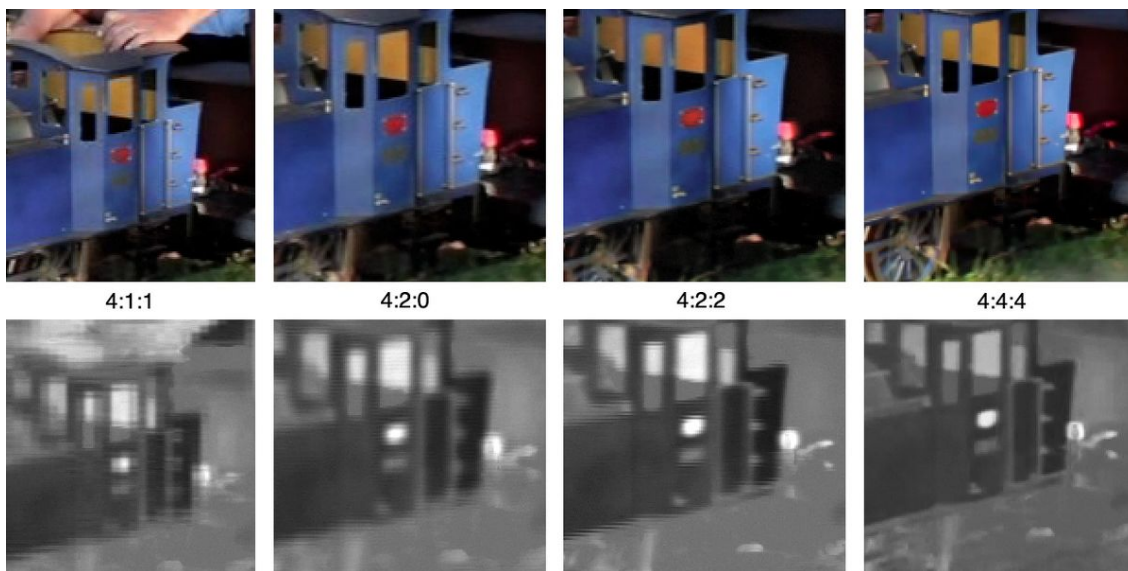
El patrón Bayer se caracteriza por usar el doble de píxeles con información en el canal verde y la mitad en rojo azul, esto se debe a que nuestro ojo es especialmente sensible a la luminancia, sobre todo en las frecuencias del verde y no tanto al rojo y el azul. De esta manera ya tenemos la primera condición de la imagen, el patrón Bayer de muchas cámaras actuales de un solo sensor da más información en el verde que en los otros dos canales, y esto ya es una diferencia de calidad respecto de otras cámaras como las canon C500 en HD o la F65 en 4k que dan la misma información en los tres canales. El muestreo que se hace del sensor se puede comprimir o no, hay cámaras que ofrecen la posibilidad de configurar la imagen en RGB o YCbCr ¿cuál es la diferencia?. RGB es el muestreo que se utiliza

habitualmente en los sistemas de computación y permite utilizar todos los valores de brillo que tengamos en nuestra cuantificación en Bits, por ejemplo, a 10 bits usamos los valores de 0 a 1023. El sistema YCbCr es el habitual sistema de codificación HD para TV y éste es ya un sistema de compresión/codificación respecto

Muestreo	vertical	horizontal
4:4:4	completo	completo
4:2:2	completo	1/2
4:1:1	completo	1/4
4:2:0	1/2	1/2

RGB, ya que se codifica como un muestreo 4:2:2, es decir se descarta cierta información de color para poder así utilizar mejor el ancho de banda disponible, es en definitiva una compresión con pérdidas (lossy compresion). Como sabemos existen diferentes tipos de muestreos; en la tabla muestro la resolución de color dependiendo del mismo.

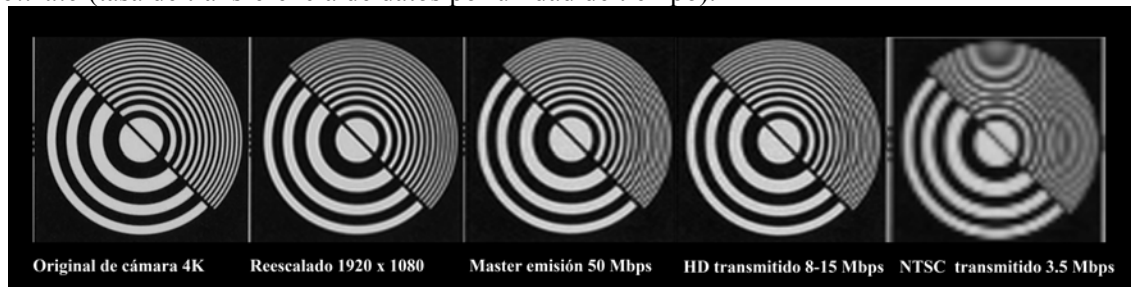
En el muestreo 4:4:4 la resolución así como la información de color es igual por cada píxel tanto en horizontal como en vertical, en 4:2:2 la información se reduce a la mitad en horizontal pero es igual en vertical que en 4:4:4, en 4:2:0 un sistema de muestreo muy común en las cámaras de fotos que hacen vídeo o las cámaras de vídeo de gama media por cada 4 valores de luminancia tenemos la mitad de valores de croma en vertical y horizontal. El resultado de utilizar muestreos distintos al 4:4:4 implica una pérdida de saturación en los colores en los detalles más finos además de la contaminación entre colores en los bordes más finos.



Wikipedia. https://en.wikipedia.org/wiki/Chroma_subsampling

No menos importante es la resolución a la que trabajamos nuestra imagen, que puede ser 8K, 6K, 4K, 4KHD, HD o estándar entre otras, y cómo resolvemos los procesos de escalado de resolución. Con resolución, por utilizar un término que todos manejamos, me refiero no tanto al número de píxeles horizontales por los verticales, sino al número de líneas que puedo resolver con un grado de nitidez aceptable para el display al que voy a salir. En el entorno analógico utilizábamos para medir la resolución el valor par de líneas por mm (lp/mm) que funcionaba

muy bien dado que la mayoría de las cámaras de 35mm tenían el mismo tamaño de imagen, caso muy distinto son los entorno digitales donde hay muchos tamaños distintos de imagen, en función del tamaño del sensor por lo que conviene usar una medida que se referencie al tamaño del mismo. Esa medida la conocemos como Lw/PH (line widths per picture Height). De tal manera que $1 \text{ Lp} = 2 \text{ líneas a lo ancho (Lw)}$, por ejemplo una imagen con una resolución de 80 lp/mm corresponden a 160 Lw por mm; si referencio ese valor a un sensor por ejemplo de $2/3''$ que tiene un dimensión de 6.16 x 4.62mm entonces la resolución sería de 739,2 Lw/Ph. En la cartas de resolución que nuestro vemos cómo vamos perdiendo contraste en la imagen a medida que voy reduciendo no solo el tamaño de la imagen sino también el número de bits y el *bitrate* (tasa de transferencia de datos por unidad de tiempo).

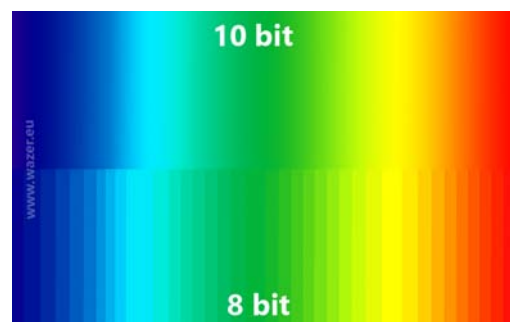


En la siguiente imagen nuestro cómo se ve la resolución alterada por los sistemas de compresión y anchos de banda una vez nuestra imagen es distribuida para TV.



En la imagen derecha, NTSC, se ve como el gorro ha perdido el textura además de crear Morie y la pérdida de detalle en altas y bajas luces.

Si es importante la cantidad de información que podemos estructurar desde el sensor lo es aún más la cuantificación que hacemos de dicha información, si vamos a trabajar en 8 bit, en 10, 12 o 16 bits. A nadie se le escapa que a mayor número de bits mas capacidad de representar valores de brillo, esto es, mayor rango tonal y más profundidad de color, como muestra la imagen de la derecha. A la hora de grabar con nuestras cámaras digitales, podemos hacerlo con varios *codecs* que puede manejar distintas cantidades de bits, desde los 8 bits, hasta los 12, 14 o 16 de los formatos de menor compresión RAW (toda digitalización ya implica un tipo de reducción de información) pasando por los 10 bits que es en la actualidad la cuantificación que más se utiliza. Por ejemplo, estoy grabando en 10 bit, lo que me permite tener una escala de grises que va de 0 a 1023, teniendo así la posibilidad de manejar un rango dinámico de unos 11 stops, pues bien cuando se prepara nuestro material para emisión o streaming la cuantificación se hace aún a 8 bits y en la mayoría de los casos además en 4:2:0, es decir estoy pasando una escala de 1024 valores de grises a 255, lo que significa que gran parte de la información que hemos manejado, sencillamente



desaparece, ¿y como repercute visualmente en nuestra imagen? Pues perdemos detalle en las altas luces, que aparecen finalmente recortadas, sin textura ni detalle, y en las sombras, desaparece la profundidad en las zonas más oscuras, convirtiéndose el negro en un gris oscuro empastado. En la gráfica podemos ver como pasamos de una escala de 16 bits a otra de 8 bits, tanto en Lineal como en Log, en esta última vemos cómo, por ejemplo, los tres últimos valores de blanco resultan en uno solo en 8 bits.

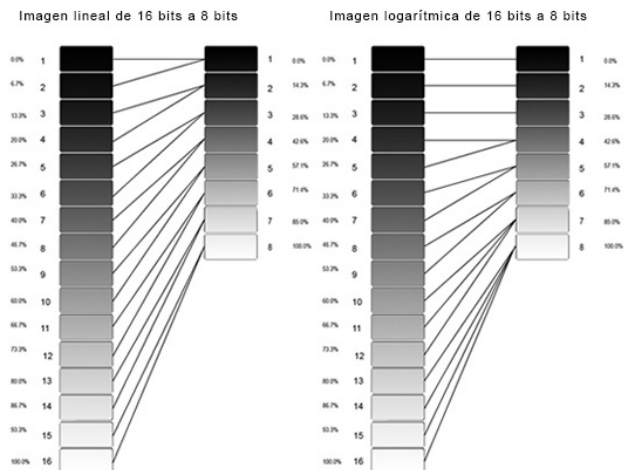
Claro está que estas pérdidas son mayores o menores según la calidad del *display* en el que veamos la imagen. La mayoría de los TV que hay en el mercado son de 8 bits, es decir, pueden manejar 255 valores de gris, con un rango dinámico de unos 6 o 7 stops, lo que conlleva una gran pérdida de detalle respecto de nuestro material original. Es de esperar que no tardando mucho esto cambie con la llegada de los Monitores y TV HDR y podamos así ver más información tanto en las altas luces como en las sombras de la que podemos manejar en la actualidad.

Papel clave juega igualmente los sistemas compresión que utilicemos tanto a la hora de capturar y grabar nuestra imágenes como a la hora de aplicarlos para la distribución de nuestro material, ya sea vía Internet, TV digital, Blu-Rays, etc. Un sistema de compresión básicamente lo que hace es descartar la información redundante de la imagen, y pueden ser básicamente de dos tipos: con pérdida de calidad visual (lossy compresión) o sin pérdida visual (lossless compresión). Los sistemas de compresión y los algoritmos que utilizan, combinan la compresión espacial de la imagen con la compresión temporal y pueden aplicarse a bloques de imágenes (inter-frame) o imagen a imagen (intra-frame). Estos dos sistemas se pueden ordenar en estructuras GOP (Group of Pictures). Ya desde el proceso de grabación en la cámara podemos elegir el tipo de compresión a aplicar a las imágenes, desde la mínima posible grabando en Raw, hasta altos sistemas de compresión como el Mpeg-2

¿en qué afecta a la calidad de imagen la elección del *codec* de grabación? Pues básicamente a la resolución de la imagen, su nitidez, la capacidad de representar las texturas y la profundidad de

color, además de la aparición de “artefactos” digitales como son la posterización, el blocking o el blurring (para ver el decálogo de artefactos digitales nos remitimos al artículo publicado en cameraman nº 43), Una cámara como la F55 de Sony por ejemplo permite grabar en Raw, Proress 444, 422HQ, 422HD, XAVC-I, Mpeg-2, DnxHD220X y DNxHD125. ¿cuál elegiremos?. Pues sin duda, si el sistema de producción lo permite, lo mejor es grabar en RAW, para poder trabajar nuestras imágenes en posproducción con toda

la información que la cámara puede dar. Pero no siempre la producción puede asumir el coste de trabajar con ese volumen de información y por ello grabamos en *codecs* que comprimen, y en



<http://www.norender.com/guia-norender-com-codecs-espacios-de-color/>

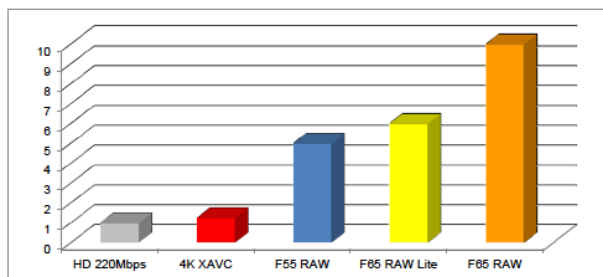
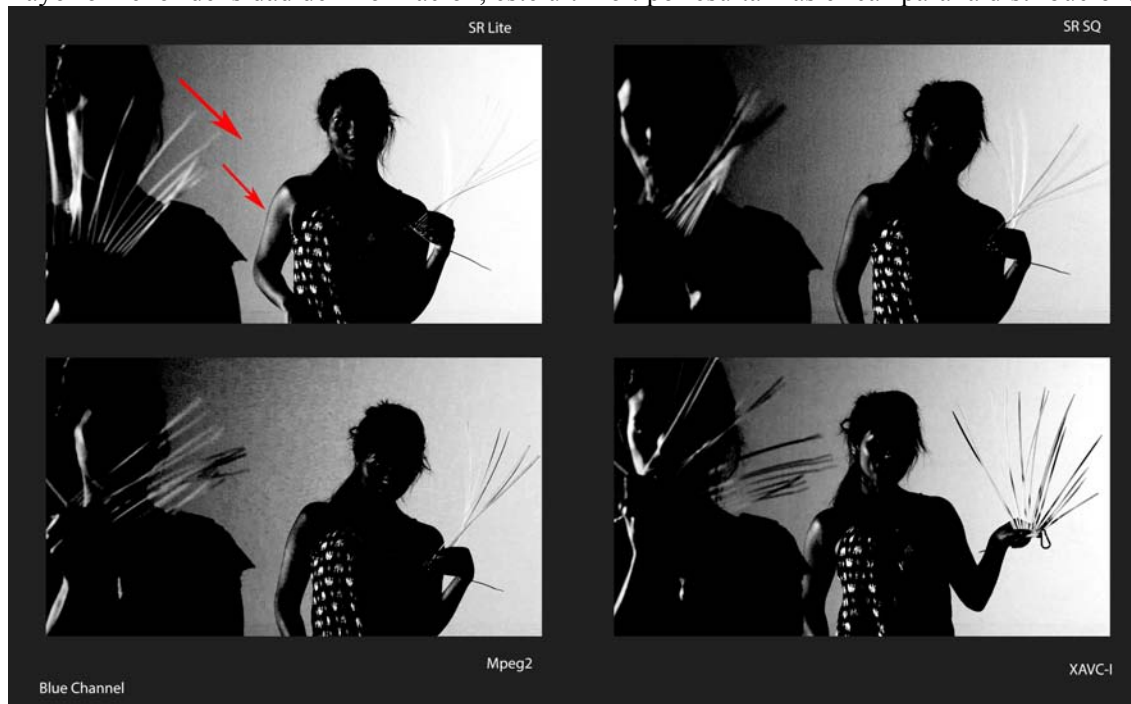


Figure 5) Image file size comparison: Unit Giga Byte / Frame

Comparación de los tamaños de archivo en cámaras de Sony.

<http://www.xavc-info.org/>

este sentido son mejores los que utilizan compresión Intra-frame y aquellos que muestrean en 4:4:4, por ejemplo el ProRes de Appel frente al Mpeg-2. Hay que considerar igualmente el número de bits que puede manejar el *codec* así como algo muy importante: el *bitrate*, es decir el número de bits transmitidos por unidad de tiempo, normalmente en Mbps por segundo o Kbps, siendo esta velocidad en la codificación de dos tipos: constante (CBR), donde la información se cuantifica por igual o variable (VBR) donde se aplica una cuantificación que tiene en cuenta la mayor o menor densidad de información, este último tipo resulta más eficaz para la distribución.



En la imagen superior comparamos una imagen original de cámara del canal azul de un croma con diferentes codecs en F5 de Sony. Fijarse en el blocking y banding que aparece en los codec con menor bitrate como son el Mpeg2 (50 Mbps) y el XAVC-I (100 Mbps) frente al SR SQ (440 Mbps) o el SR Lite (220 Mbps)

El sistema VBR usa una estimación del movimiento para disminuir el consumo de ancho de banda, lo que implica que para obtener una mayor calidad se debe hacer un doble análisis de las imágenes, es decir, mayor capacidad de procesamiento, sin embargo el sistema constante CBR siempre usa el máximo ancho de banda definido para codificar. Más eficaz para nosotros los directores de fotografía quiere decir, que la calidad de imagen será mejor, en lo que se refiere, de nuevo, a la nitidez, textura, color y valores de grises. Y aquí podemos señalar otra de las razones, por las cuales, nuestra imagen capturada con la cámara se desvirtúa tanto cuando finalmente llega al espectador, por ejemplo, en el TV de su casa. En la cámara, y siguiendo con el modelo de cámara F55, podemos grabar en XAVC-I con un *bitrate* de hasta 440 Mb/s que finalmente se verá convertido a un *bitrate* entre 8 y 15 Mb/s en un televisor HD, si lo vemos en sistema estándar, PAL o NTSC, el *bitrate* baja a 3.5 Mb/s, y si consideramos utilizar dispositivos móviles los *bitrate* baja alrededor de 1.300 Kb/s por ejemplo para vídeos en HD. La consecuencia más grave para nosotros los fotógrafos está especialmente en los tonos de piel, que se posterizan en gran medida desapareciendo la textura, mostrando a veces incluso banding y blocking. Nuestro tono de piel, al que tanto cuidados hemos puesto en el rodaje, queda si no destruido del todo, al menos muy castigado. Claro está que la observación de esta degradación esta condicionada al tamaño del *display* y su tecnología, la distancia a lo que lo vemos y el ambiente de luz alrededor del mismo.

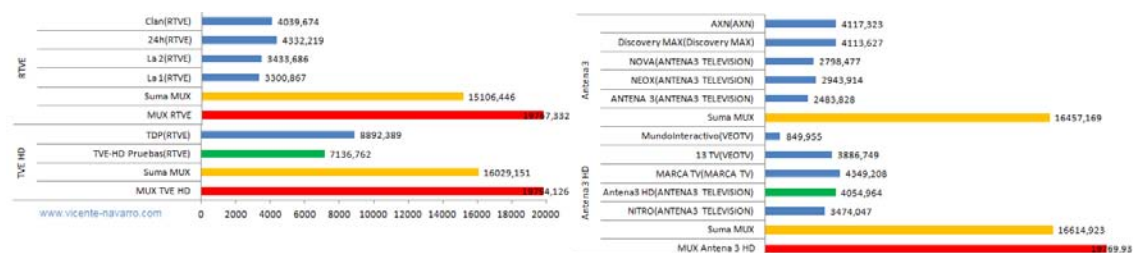


Resumiendo, la calidad de la imagen que finalmente llega a un espectador dependerá de:

- 1- En la grabación, qué *codec* (y por lo tanto el *bitrate*) hemos elegido y el número de bits para contener la imagen.
- 2- En la posproducción, cómo se codifica nuestra imagen original y se trabaja con ella, ya que se puede hacer de distintas maneras y con diferentes herramientas.
- 3- El proceso de masterización y codificación de nuestra imagen para su emisión, transmisión o exhibición ya que se pueden utilizar diferentes sistemas de compresión con distintos algoritmos y distintos grados de intensidad en la reducción de datos.
- 4- En cómo los propios displays, ya sean TV, proyectores, monitores o dispositivos móviles manejan la imagen que les llega sin contar la cantidad de preset a los que el usuario tiene acceso, haciendo cada uno de ellos su calibración “casera”.

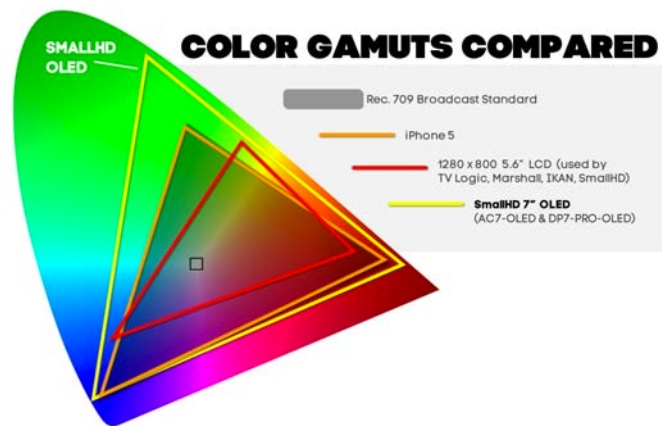
Tanto en Colombia como en España para la transmisión se utiliza el sistema DVB-T (Digital Video Broadcasting – Terrestrial), que transmite un flujo de datos en MPEG/H264 entre 5 y 30 Mbps, en cada canal de radiofrecuencia de 8Mhz, que tradicionalmente se usaban para la TV analógica. Esos flujos de datos se multiplexan de forma que al mismo tiempo salgan varios programas de TV y radio, con los datos en vídeo y audio.

En la tabla inferior, que aparece en el blog de Vicente Navarro (www.vicente-navarro.com) se puede ver los *bitrate* reales medidos de diferentes emisoras de TV, pongo dos solamente de ejemplo.



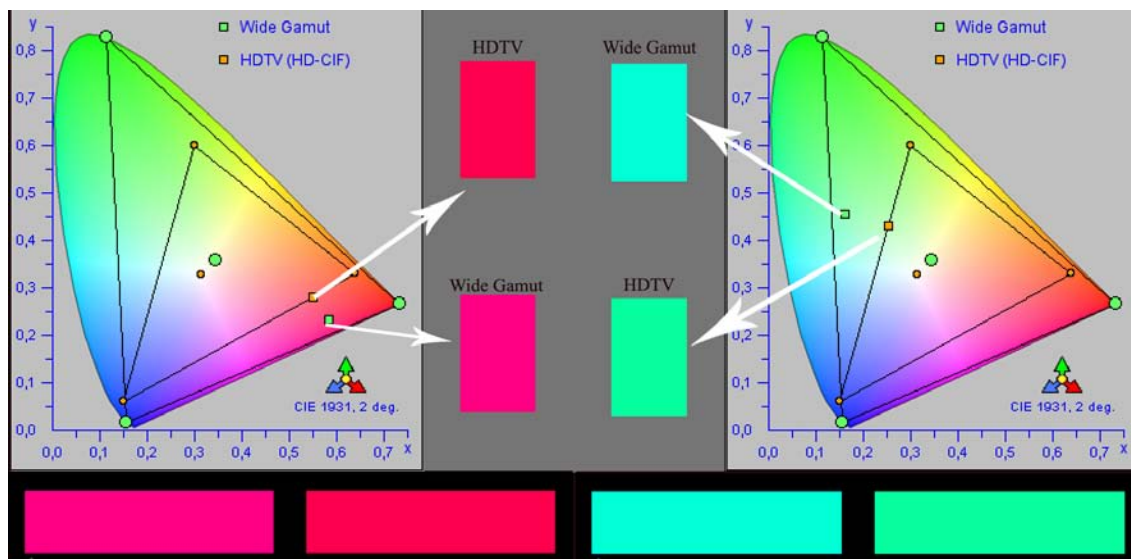
En la parte superior el *bitrate* de emisión en SD y en la inferior en HD de las mismas cadenas. En rojo el *bitrate* de multiplex completo: vídeo, audio, teletexto y otros datos. En naranja la suma de los *bitrate* de vídeo solamente. En verde los canales HD y en azul los SD (solo vídeo). En todos caso se observa que el *bitrate* es muy bajo y que están lejos de una calidad HD real. Ni decir ya de los valores en SD. (son datos del 2012)

Por último, veamos como el color también se degrada en este proceso que va desde la creación de nuestra imagen hasta su llegada al espectador. Nuestro modelo de color RGB esta sujeto a distintos espacios de color que son los que configuran la cantidad de tonos que vamos a poder ver además de su saturación y su brillo. Las cámaras digitales cinematográficas pueden trabajar en distintos espacios de color, desde los estándar como el ITU 709 para la TV en HD, hasta los espacios Wide gamut, los espacios DCP de proyección digital o el reciente 2020. Como en el caso de la elección del *codec*, la cuantificación de Bits o el *bitrate* es mejor tener más información de color que menos y por ello solemos grabar con espacios de color amplios, como por ejemplo el S-Gamut de Sony que permite representar una gran cantidad de tonos de color.



<http://www.prweb.com/releases/2013/9/prweb11110164.htm>

Ahora bien, como es habitual el cuello de botella es finalmente el *display* ya que éste es la única herramienta que tenemos disponible para ver *el color*. El espacio de color que manejan los monitores, TV y demás dispositivos son distintos. En el gráfico superior vemos comparado el espacio de color que maneja un Oled frente a un LCD o un iPhone5. Nuestras imágenes se verán muy diferentes de un dispositivo a otro. Los TV, así como los dispositivos móviles están diseñados para responder a ciertos standards como por ejemplo el ITU 709 que maneja espacios de color restringidos y más pequeños que los que podemos captar con la cámara. El proceso de conversión de un espacio a otro conlleva la modificación de los tonos de color así como su saturación; espacios de color más pequeños no mostraran diferencias entre tonos parecidos, como por ejemplo sucede con el tono de piel, e incrementaran la saturación, especialmente de tonos rojos, anaranjados y amarillos. En los diagramas se observa qué sucede cuando pasamos de un espacio a otro, es decir, cómo un color magenta en un espacio de color amplio se convierte en un rojo, o un verde azulado se convierte en un verde amarillento en el espacio más pequeño. Para manejar estas transformación entre distintos *gamuts* hay que recurrir a la posproducción donde hay que poner especial cuidado en la colorización y en el uso de las Luts técnicas.



A todo ello, hay que añadir cómo se ven nuestra imagen en los distintos display, desde luego nada se puede hacer en lo que respecta a los televisores, ya que cada fabricante interpreta los estándares para conseguir la imagen que creen más favorece a sus intereses de venta, igual vale decir de los monitores, que dependiendo de los fabricantes y la tecnología (Leds, Oleds, Plasma, LCD, tubos, etc) que utilicen, nuestras imágenes se verán de una manera u otra. Si acaso la proyección cinematográfica en las salas respeta en la mayoría de los casos nuestra fotografía si los pasos seguidos en la posproducción son los adecuados, especialmente a la hora de crear los DCP, haciendo las conversiones de espacios de color adecuadas así como la gamma.

En definitiva, los sistemas de compresión que se utilizan para la emisión por TDT vía satélite por streaming o cable conllevan siempre una pérdida de detalle y textura, de contraste y de color. Mucho peor en transmisión estándar que en HD (aunque no todas las emisiones HD son realmente HD, un HD sin la D, como dicen).

Llegamos al final de nuestro Viacrucis, cansados, ya que no podremos controlar sino hasta el master digital que servirá para su distribución por distintas vías y que después de ello será difícil saber cómo nuestro material es visto por los espectadores en los televisores, en sus dispositivos portátiles o en las salas de proyección cinematográfica.

Agradecimientos: Especialmente a Edwin Pérez y Adriana Bernal por sus correcciones así como a todos aquellos amigos que colaboran con sus observaciones a la mejora del texto.



Alfonso Parra, Director de fotografía AEC, ADFC con más de 32 años de experiencia en el mundo audiovisual es también profesor en distintas escuelas de cine y colaborador habitual de diferentes fabricantes para el análisis y evaluación de cámaras y lentes.
www.alfonsoparra.com