



GUÍA 4K 709

Luis Ochoa / Francisco Utray

709 MEDIAROOM

Editado en junio de 2015, bajo licencia Creative Commons.

Ochoa, L. y Utray, F. (2015), *Guía 4K 709*. Madrid: 709 MediaRoom
Grafismo y diseño de portada: Cristina Simón

Reconocimiento – NoComercial – SinObraDerivada (by-nc-nd)



Luis Ochoa es Colorista y diseñador de flujos de trabajo. Dirige además [Red709](#) y [709 MediaRoom](#).



Francisco Utray es Profesor de Comunicación Audiovisual en la [Universidad Carlos III de Madrid](#) y miembro del grupo de investigación [TECMERIN](#).

Disclaimer

Los autores quieren dejar constancia de que para la realización de este estudio no se ha recibido ningún tipo de retribución, ni económica ni material, por parte de la industria. Se ha solicitado el préstamo de equipos a los fabricantes y distribuidores con el fin de hacer las evaluaciones, sin mediar ningún tipo de acuerdo de patrocinio que pudiera condicionar los resultados de la investigación.

Los errores, omisiones, imprecisiones y generalizaciones que pueda haber en este documento son exclusivamente responsabilidad de sus autores y reflejan sus opiniones personales y su limitada experiencia con los equipos que se prueban y evalúan.

Introducción	4
Conceptos básicos y estado de la cuestión	6
Las normas técnicas para 4K	7
Codificación. Formatos contenedores y códecs	24
Difusión en 4K	33
Captación en 4K	37
Sensores de cámara y ópticas	38
Cámaras	52
Grabadores externos	66
Postproducción	69
Hardware para la postproducción 4K	70
Software para la postproducción 4K	89
Conclusiones sobre la migración a la ultra alta definición y cine 4K	99

Introducción

Todos los días como profesionales y estudiantes del audiovisual nos encontramos términos, conceptos, tecnologías y siglas que nos pueden hacer dudar. Es difícil entender cuáles son las implicaciones reales que tienen en nuestro trabajo y qué relaciones se establecen entre unas cosas y las otras. Con esta guía nos hemos propuesto trazar un panorama de la tecnología 4K y las bases en las que se sustenta. ¿Es un cambio de paradigma o simplemente una suave evolución? ¿Está madura la tecnología para este cambio? ¿Existe realmente una demanda de los usuarios?

Hemos tratado de poner en claro algunas de estas cuestiones y entender lo que supone el 4K para la televisión de ultra alta definición, el cine digital, las cámaras o los sistemas de postproducción. Pretendemos clarificar algunas ideas que puedan ayudar a llenar lagunas de conocimientos que dificultan la comprensión global del escenario. [Red709](#) es un lugar de encuentro para profesionales de la producción audiovisual. Es desde esa perspectiva que hemos redactado estas páginas.

Esta primera edición de la guía está actualizada en junio de 2015, después de NAB, donde la industria ha presentado sus avances. Comienza con una serie de conceptos básicos necesarios para entender el potencial y las limitaciones de la ultra alta definición a día de hoy. Se presentan los distintos formatos y códecs que se están utilizando en la industria audiovisual y sus características técnicas. En este estado de la cuestión del 4K se han considerado como entornos de difusión: el cine digital, la televisión y la distribución de contenidos por internet. Un segundo apartado se centra en las herramientas para la captación: cámaras, sensores, ópticas y sistemas de grabación. Un tercer capítulo está dedicado a los sistemas de postproducción considerando tanto el *hardware* con el *software*.

Hemos incorporado al documento tablas y vínculos para que la guía pueda ser también utilizada como documento de consulta. Aunque somos conscientes de que quedarán desactualizados rápidamente por el vertiginoso avance de las tecnologías, pueden servir como punto de partida.

Hemos abordado la redacción de este texto de forma espontánea, como soporte para nuestra actividad profesional y docente. Es una iniciativa completamente independiente y abierta a la participación de otros profesionales que tengan interés en contribuir. La intención no es hacer un documento exhaustivo, sino una herramienta de trabajo que se actualice dinámicamente con la retroalimentación y la participación activa de los profesionales del audiovisual que formamos [Red709.com](#) y [709 MediaRoom](#).

Queremos expresar aquí nuestro agradecimiento y reconocimiento a los colegas y amigos que nos han transmitido generosamente sus conocimientos. Algunos han participado directamente en la creación de esta guía:

- [Damián Ruiz Coll](#), investigador de la Universidad Politécnica de Valencia especializado en ultra alta definición.
- [Julio Gómez](#), consultor independiente, formador y *betatester*. Experto en cámaras de cine y ópticas.
- [Rafa Roche](#), director de fotografía y formador.
- [Daniel Pérez](#), Co-fundador de WhyOnSet.
- [Pol Turrents](#), director de fotografía, AEC.
- [Fernando Alfonsín](#), postproductor especializado en cine digital.
- [Fernando Muro](#). Sony Broadcast.

En muchas ocasiones hemos tenido que sintetizar sus explicaciones, simplificándolas con intención didáctica, para facilitar la lectura y la compresión de los conceptos técnicos.

También queremos transmitir nuestro agradecimiento a las empresas con las que colaboramos y que nos han ayudado a realizar las pruebas técnicas:

- [Azken Muga](#), Servers & Workstations. Graphics Solutions.
- [Tangram Solutions](#), Soluciones Audiovisuales Completas.
- [Zona IV Producciones](#), Photo[Video] Posproduction.
- [WhyOnSet](#). DIT Station / Mobile Datalab.

Conceptos básicos y estado de la cuestión

En sí mismo 4K no significa mucho. Consiste solamente en aumentar el número de píxeles que componen el fotograma. También se puede decir que es un aumento de la densidad de píxeles en un fotograma. Pero hay una serie de factores relacionados que intervienen en la cinematografía digital y que serán determinantes para comprender como, en torno al concepto de 4K, se están implantando sistemas que incrementan significativamente la calidad técnica de la imagen.

Cuando los fabricantes de teléfonos móviles ofertan dispositivos que graban vídeo en 4K, es obvio que no responden a las mismas especificaciones técnicas que las cámaras de alta gama para producción de cine. ¿Dónde está la diferencia?

El salto hacia una imagen digital de mayor calidad se sustenta en cinco pilares:

- Aumentar la resolución espacial: más píxeles en cada imagen (4K u 8K).
- Aumentar de la resolución temporal: más fotogramas por segundo (48, 50, 60, 100 o 120 fps).
- Aumentar del rango dinámico: mayor capacidad para captar y reproducir niveles de brillo y matices de color.
- Aumentar la cuantificación (profundidad de color): número de bits que se emplean para codificar cada uno de los píxeles (10, 12, 16 bits).
- Aumentar el espacio de color: un gamut de color más amplio.

Para que se produzca el salto cualitativo se tienen que dar estos cinco factores conjuntamente.

Para adentrarnos en estos conceptos técnicos básicos vamos a empezar por las normas técnicas que pilotan los desarrollos de la industria.



Los cinco pilares de la ultra alta definición.

Las normas técnicas para 4K

Digital Cinema Initiatives (DCI) es un consorcio, en el que participan los grandes estudios de cine norteamericanos, que ha definido las normas técnicas para el cine digital. Han establecido el estándar que se utiliza en todo el mundo en cinematografía digital y el formato de los archivos digitales para la proyección: la resolución, la relación de aspecto, la frecuencia de fotogramas, el espacio de color, la codificación, etc.

La norma BT-2020 es una recomendación de la *International Telecommunication Union* (ITU) donde se especifican varios aspectos de la televisión de ultra alta definición (Ultra HD o UHD) como son: la resolución espacial de las pantallas, la frecuencia de fotogramas, el submuestreo de color, la profundidad de bits o el espacio de color.

En Estados Unidos la **SMPTE** cumple una función similar y también ha publicado una norma para 4K/Ultra HD (ST 2036).



Para la implementación de estas normas y la colocación de productos de electrónica de consumo en el mercado se tienen que poner de acuerdo los proveedores de contenidos, los operadores de televisión y los fabricantes de televisores, con el fin de asegurar la interoperabilidad. Hay varios consorcios empresariales que hacen esta labor. Los más influyentes son DVB en Europa, ATSC en Estados Unidos e ISDBT en Japón.

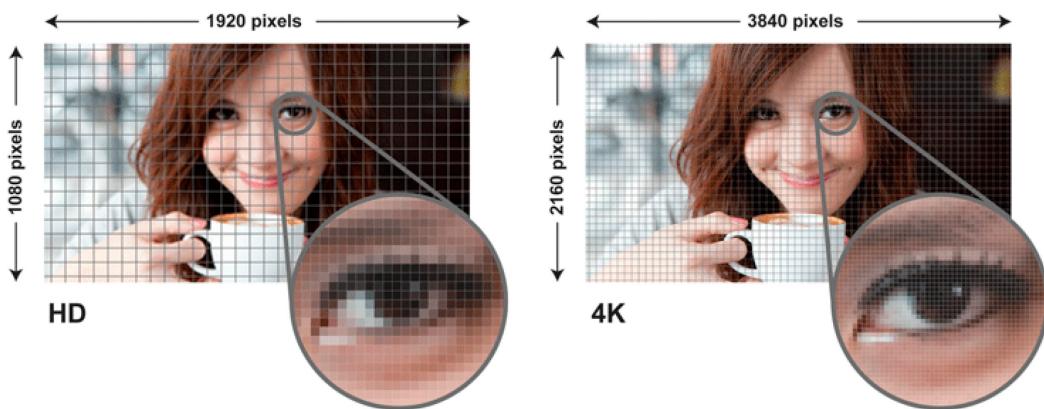
La recomendación de **DVB** para Ultra HD está en la fase inicial de su desarrollo. Están previstas dos evoluciones más para ir implementando gradualmente las nuevas prestaciones de los equipos. Las especificaciones de la fase 1 son las que están sirviendo de referencia al sector audiovisual para la difusión de contenidos y a la industria de la electrónica de consumo para fabricar los televisores 4K que ya están disponibles. En esta primera fase no está desarrollado todo el potencial de la Ultra HD en cuanto a rango dinámico, espacio de color, profundidad de bits y resolución temporal. El gran salto cualitativo está aún pendiente de concretarse. Por ahora se sigue con el espacio de color BT-709 y la emisión en 4:2:0 con 8 bits de profundidad de color. Cabe destacar que la norma BT-2020 ya solo contempla los formatos de exploración progresiva y de píxel cuadrado.

Para Estados Unidos **ATSC 3.0** será el nombre de la norma para Ultra HD que está aún en fase de desarrollo. Y en Japón, **ISDBT** y NHK, la empresa de radiodifusión pública, están centrando los esfuerzos en el 8K de cara a las olimpiadas de 2020.



Resolución espacial

La resolución espacial indica las dimensiones en píxeles de una imagen, es decir, el número de píxeles que constituyen la altura y la anchura de una imagen. El término 4K, inicialmente utilizado en la industria del cine digital, se emplea ahora para los formatos de cine, televisión o de difusión por internet que utilizan resoluciones espaciales de aproximadamente 4.000 píxeles en sentido horizontal¹.



El 4K incrementa el número de píxeles que componen las imágenes.

Fuente: [Redwireinnovation](#)

El origen del término 4K proviene de los escáneres de cine que se utilizan para digitalizar cada fotograma de una secuencia rodada sobre película fotoquímica. Nace realmente cuando se está buscando qué resolución es la adecuada para poder digitalizar la película cinematográfica preservando la calidad registrada en el material fotoquímico.

Kodak diseñó el **sistema Cineon** que servía a este propósito. Se utilizó por primera vez en el año 1993 para la restauración digital del clásico de Disney *Blancanieves y los siete enanitos*. La película entera fue escaneada, fotograma a fotograma, en archivos digitales de 4K a 10 bits de profundidad de color y retocada con sistemas informáticos.

A partir de estas primeras experiencias, la resolución 4K se empezó a utilizar habitualmente en postproducción digital de cine y posteriormente se fue concretando también para captación y como evolución de los sistemas de televisión de alta definición (HD).

En la siguiente tabla se pueden ver los valores de resolución espacial y relación de aspecto de los formatos más comunes en cine (DCI) y televisión (BT-2020):

¹ Tradicionalmente la resolución de la televisión se ha medido en líneas. Con el término 4K se produce un cambio de denominación puesto que 'el 4.000' no hace referencia a las líneas sino a las columnas de la matriz de píxeles que componen la imagen.

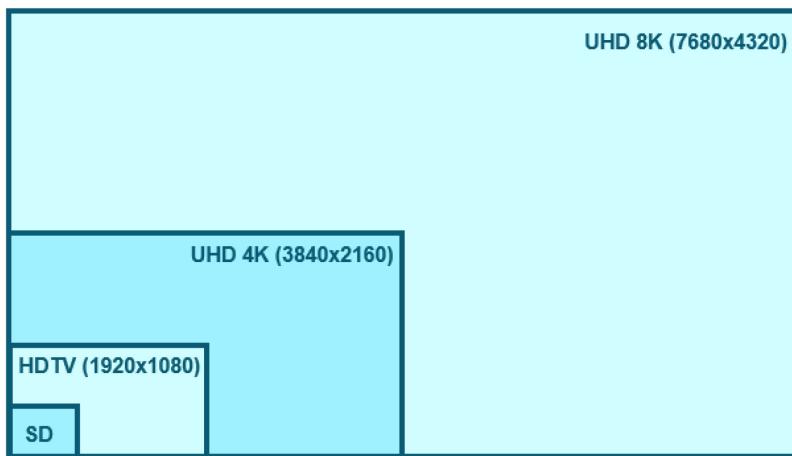
	Relación de aspecto	Resolución espacial
Cine digital 4k (DCI)	1,85:1 2,39:1 1,90:1 (full)	3996x2160 4096x1716 4096x2160
Televisión 4K (BT-2020)	16:9	3840x2160

Resolución espacial del 4K en las normas DCI y BT-2020. Fuente: 709 MediaRoom.

Actualmente se trabaja también con otros formatos con **resoluciones superiores** pero que todavía no están tan generalizados. Destacamos los siguientes:

- El formato ultra-panorámico 21:9 con el que se está intentando llevar el *scope* a televisión. Philips comercializa televisores en este formato para poder mostrar a pantalla completa la relación de aspecto 2,39:1.
- La cámara Red Epic Dragon ofrece la posibilidad de grabar con resolución 6K (6144x3160) con una relación de aspecto de 1.94:1. También la nueva cámara Arri 65 puede trabajar en resoluciones superiores como 6,5K. La Sony F65 tiene un sensor de 8K y seguro que otras cámaras seguirán esta trayectoria.
- Por último en Japón, de cara a las olimpiadas 2020, la NHK ha promovido el desarrollo del formato de 8K (7680x4320) para una relación de aspecto de 16:9. El formato 8K está contemplado en la norma BT-2020 para masterización aunque por el momento no se está utilizando.

En la siguiente figura se puede ver una representación a escala de la evolución de la resolución espacial, desde la resolución estándar (SD, 720x576) hasta la ultra alta definición (UHD, 4K y 8K).



Evolución de la resolución espacial desde la TV de resolución estándar (SD) y de alta definición (HD) hasta los formatos de ultra alta definición (UHD 4K y 8K).

Relación de aspecto

La relación de aspecto expresa la proporción entre el alto y el ancho de la imagen. La televisión en sus inicios adoptó una relación de aspecto de 4:3 (1,33:1) siguiendo la tradición del formato académico del cine. Pero en los años 50 para la producción y exhibición cinematográfica se desarrollaron los formatos panorámicos consiguiendo así un elemento diferenciador y aumentando la espectacularidad del formato. En los años 2000, en televisión, aprovechando la migración digital, se implantó en todo el mundo el formato de pantalla ancha 16:9 (1,77:1).

En cine y televisión se han utilizado dos formas distintas para indicar la relación de aspecto: en televisión se usa un quebrado, por ejemplo 4:3 o 16:9, mientras que en cine se emplea un decimal en relación a 1, por ejemplo 1,33:1 o 1,77:1.

La normalización establecida para el cine digital DCI es 1,85:1 y 2,39:1 para formatos panorámicos. En televisión, el estándar es el formato 16:9.

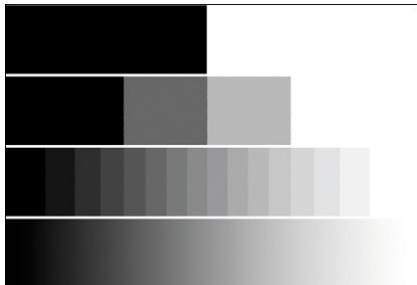
A efectos prácticos conviene destacar que el formato 1,85:1 del cine es prácticamente igual que el 16:9 de la televisión. Hay solo un ligero recorte. Por lo tanto es una relación de aspecto que funcionará correctamente tanto en televisión como en cine. Simplemente se tiene que aplicar un ligero recorte.

En la siguiente figura se pueden apreciar las diferencias entre estos formatos.



Comparación de las distintas normas de relación de aspecto. Fuente: [Red](#)

Profundidad de color

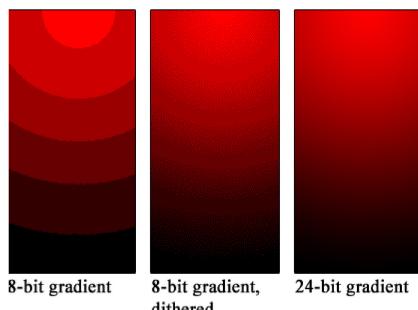


Escala de grises con 1, 2, 4 y 8 bits.
Fuente: [Johnpaulcaponigro](#)

Otro indicador fundamental de la calidad de una imagen digital es la **profundidad de color** (*color depth*) o profundidad de bits (*bit depth*) que indica la cuantificación de la señal. Es decir, cuántos bits se utilizan para describir cada píxel.

Con este dato se expresa cuantos valores distintos de brillo y color están disponibles para codificar la imagen.

La profundidad de color mínima en los equipos profesionales es de 8 bits por cada componente RGB. Pero actualmente, ya sea en fotografía, en vídeo o en cine digital, se pueden utilizar 10, 12 o incluso 16 bits para cada canal RGB.



Efecto color banding.
Fuente. [Wikipedia](#)

Estos valores permiten aumentar la gama de colores hasta niveles iguales o superiores a los que puede percibir el ojo humano y superiores también a los sistemas de monitorización de los que disponemos en los ordenadores.

Este incremento de la capacidad de codificación de los matices de brillo y color se aprecia en la representación de degradados evitando los artefactos conocidos como '*color banding*'.

Rango dinámico y curvas de *gamma*

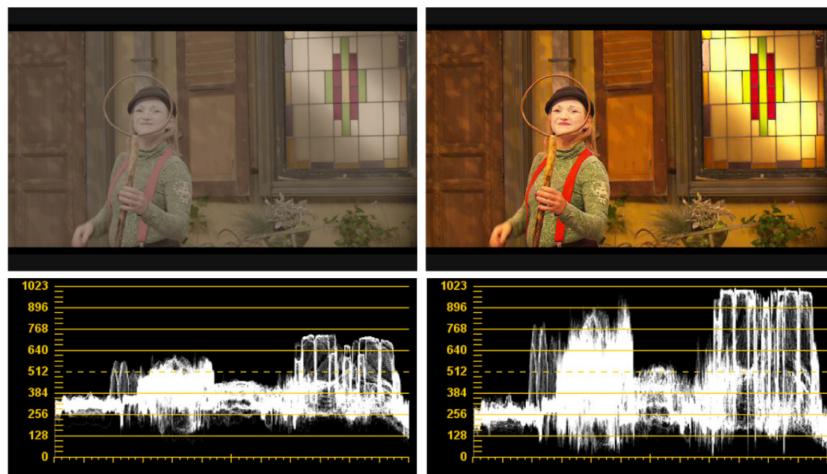
El **rango dinámico** de una imagen digital es la capacidad que tiene de representar correctamente el contraste, las altas luces y las sombras profundas.

Hablando en términos generales, y simplificando un poco, podemos decir que la película negativa que se utilizaba para cine tenía capacidad para registrar en torno a 12 f-stops de rango dinámico. Sin embargo los sistemas tradicionales de vídeo y televisión estaban limitados a unos 6 f-stops. Las nuevas cámaras que se utilizan en cine digital ya registran hasta 14 f-stops. Generan imágenes compuestas con una gama más amplia de niveles de gris y matices de color alcanzando valores equivalentes o incluso superiores a los del cine fotoquímico.

Los sistemas de monitorización actuales tienen un rango dinámico de entre 6 y 9 f-stops. En los monitores, la unidad que se utiliza para medir el brillo es el 'nit' (candelas por metro cuadrado; cd/m²) que indica la intensidad lumínica por superficie. Los monitores para postproducción se ajustan a 100 nits. Para la proyección de cine los valores se reducen a unos 50 nits. Para aumentar el rango dinámico de las pantallas, se están desarrollando equipos más brillantes, de 400 nits o incluso de 1.000 nits que es a donde se estima que se puede llegar en el 2017. Estas nuevas pantallas podrán presentar imágenes de mayor rango dinámico.

Las cámaras de cine digital, para registrar 14 f-stop de rango dinámico, aplican una **curva de *gamma* logarítmica** que genera una señal de bajo contraste con un aspecto plano y lavado. Posteriormente en postproducción se ajusta el contraste para componer una imagen atractiva, con mucha información de detalle en las altas luces y las sombras profundas, y adaptada a los 6-9 f-stops de los monitores actuales de 100 nits.

En la siguiente imagen se puede observar un plano capturado con una cámara Sony F5 en 4K con curva de *gamma* logarítmica y el resultado final después de un ajuste del contraste.



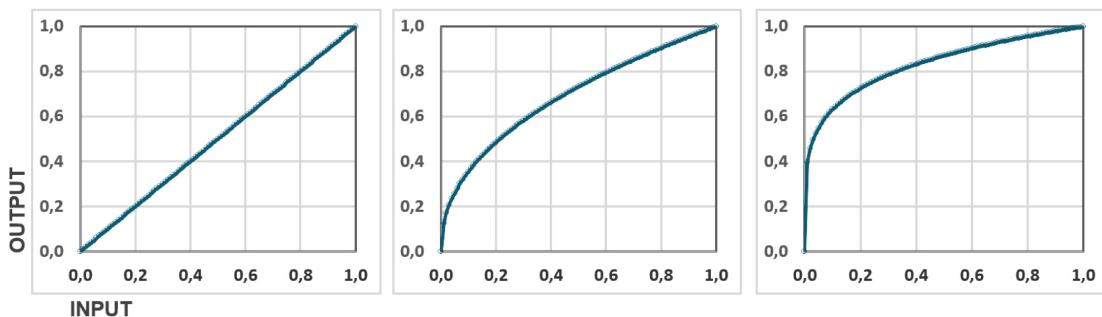
Ajuste de contraste de un plano grabado 4K con curva de *gamma* logarítmica con la cámara Sony F5. Fuente: [709 MediaRoom](#).

Con las curvas de *gamma* logarítmicas se obtienen imágenes de mayor calidad. Se evita quemar las altas luces y empastar las sombras como hacen habitualmente las cámaras que registran con rangos dinámicos inferiores. Pero es necesario un proceso de postproducción y corrección de color hasta alcanzar el aspecto definitivo de las imágenes.

Simplificando un poco las cosas con fines didácticos, consideramos que las cámaras pueden utilizar tres tipos de curvas de *gamma*:

- **Gamma logarítmica.** Es una curva gamma que optimiza el rango dinámico. Genera una imagen más lavada que requerirá un proceso posterior de corrección de color. Se utiliza en grabación de imágenes de alta calidad: cine, ficción televisiva, publicidad, etc.
- **Gamma corregida** (generalmente 2.4 ó 2.2). Es como funciona la *gamma* 'Rec.709'. Genera un contraste adecuado para la visualización final. Se consigue menos rango dinámico pero el material sale de la cámara con un *look* más definitivo. Se utiliza en producciones en donde no está prevista la corrección de color en postproducción: televisión de flujo, reportajes informativos, directos, etc.
- **Gamma lineal** (1.0). Recoge directamente la información que genera el sensor. Se utiliza en los formatos RAW y en flujos de trabajo avanzados como efectos visuales (VFX) o producciones en espacios de color más amplios como ACES.

En la siguiente figura se muestra la forma de estos tres tipos de curva de *gamma*.



Forma típicas de las curvas de *gamma*: lineal (1,0), corregida (0,45; 1/2,2) y logarítmica (0,20).
 Fuente: [709 MediaRoom](#).

Cada fabricante de cámaras tiene su propia 'curva de *gamma log*' y la correspondiente LUT para hacer la conversión a Rec-709.

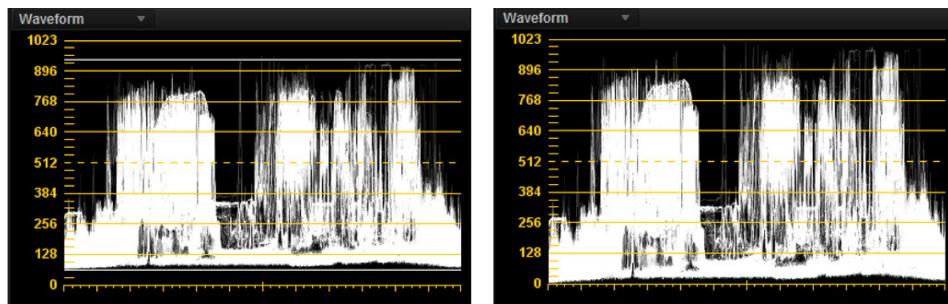
Pero 4K es un término que hace referencia a la resolución espacial. No indica que las imágenes se capten en formato RAW o con curvas de *gamma* logarítmicas. De hecho solo las cámaras dirigidas a la producción de cine permiten grabar en RAW o con curvas de *gamma* logarítmicas. Para programas de televisión o para el mercado masivo se prefiere utilizar formatos de imagen procesada con curvas de *gamma* Rec.709.

Rango legal y rango extendido

Otra cuestión importante de los archivos de vídeo es el nivel máximo y mínimo de brillo permitido. Las normas técnicas de radiodifusión televisiva establecen unos niveles determinados para el blanco puro y el negro puro. Pero en exhibición de cine digital o en las pantallas de ordenador se utiliza una norma distinta. Por lo tanto es necesario modificar los niveles de brillo y contraste del máster en función del uso que se le vaya a dar: cine, televisión o internet.

Se denomina '**rango legal**' ('rango nominal', 'señal legal' o 'vídeo') a los niveles de señal para la televisión. El material ajustado para cine digital utiliza el '**rango extendido**' ('señal extendida' o 'data').

Para la codificación a 8 bits de la señal de luminancia se disponen de 256 valores que se corresponden con una gama de grises. En rango legal, el valor máximo permitido que se usa para el blanco puro es 235. El negro puro se sitúa en el valor 16. Cuando se dispone de 10 bits para codificar la señal, el rango total de valores disponibles es de 1024. En este caso los valores de la señal legal están entre el 940 que se utiliza para el blanco y el 64 para el negro.



Ajustes de una misma imagen a los niveles del rango legal y extendido. Fuente: [709 MediaRoom](#).

En cine se utiliza el rango completo que nos permite la codificación digital: el rango extendido. Los blancos se sitúan en 255 para la codificación con 8 bits y en 1023 con 10 bits. En ambos casos los negros se sitúan en 0.

Para la difusión de contenidos por internet no existen este tipo de normas. Las pantallas de ordenador utilizan el rango extendido. Por lo tanto, cuando se prepara un máster para su difusión por internet, también se utilizan los niveles extendidos.

En la siguiente tabla se resumen los valores utilizados en el rango legal y extendido, tanto para la codificación en 8 bits como en 10 bits.

	Señal legal / vídeo Broadcast	Señal extendida / Data Cine digital
Codificación 8 bits	16-235	0-255
Codificación 10 bits	64-940	0-1023

Niveles establecidos por los blancos y los negros puros en rango legal y extendido.
Fuente: **709 MediaRoom**.

Gamut de color para 4K

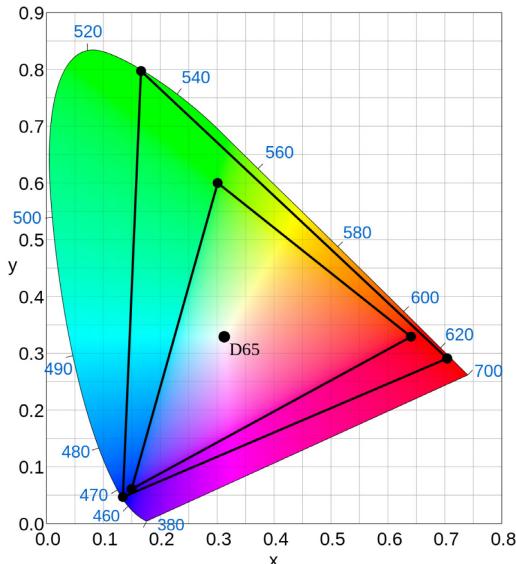
Un ‘gamut de color’ es el conjunto de colores que se pueden utilizar en una determinada norma. El gamut de la norma BT-2020 para Ultra HD es mucho más amplio que el de la norma BT-709 de televisión HD. En la siguiente figura se puede observar un gráfico que representa estos dos gamuts en el sistema de coordenadas CIE-1931² (también conocido con CIE-XYZ).

El gamut BT-2020 está todavía en una fase inicial experimental y prácticamente no existen monitores en el mercado que trabajen en este espacio de color. Los televisores 4K que se están comercializando utilizan todavía el espacio de color y *gamma* de BT-709. Para que se generalice el uso del espacio de color BT-2020 habrá que esperar a una nueva generación de pantallas.

Para la proyección de cine digital, DCI ha definido un gamut de color específico: el DCI-P3. **El Gamut DCI-P3** no es tan amplio como el de la norma BT-2020 pero mayor que el de la norma BT-709. Todos los proyectores de cine digital instalados en las salas de exhibición utilizan este espacio de color. Los monitores profesionales y proyectores que se utilizan en postproducción y corrección de color se pueden ajustar a los parámetros de DCI-P3.

Por lo tanto, a día de hoy, en postproducción 4K se trabaja con dos espacios de color: el de la norma BT-709 para televisión y el de DCI-P3 para cine digital.

Para asegurar la compatibilidad futura en cuanto al color se ha definido un nuevo espacio de color más amplio y que ofrece mayor flexibilidad para la codificación del color: el **Academy Color Encoding System (ACES)**. ACES tiene un sistema de coordenadas mucho más amplio que los sistemas anteriores y se postula como el sistema de color que mejor resistirá el paso del tiempo. Ideal para el cine de ficción, la producción de efectos especiales, la masterización y el archivo a largo plazo. Actualmente la Academia de Hollywood, responsable técnico del desarrollo de ACES, acaba de publicar la nueva versión ACES 1.0.

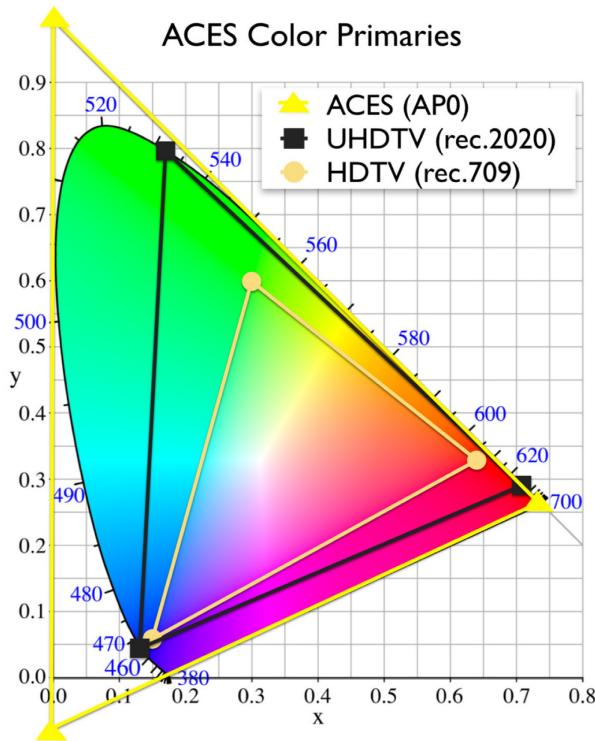


Gamut de color de las normas BT-709 y BT-2020.

Fuente: ultrahdtv.net

² CIE 1931, es un sistema matemático para definir un color con tres coordenadas (X, Y y Z) creado en 1931 por la *Commission Internationale de l'Éclairage* (CIE).

La tendencia, para hacer una gestión eficiente del color, es trabajar la postproducción de los proyectos en ACES. De esta forma se obtiene un máster en ACES a partir del cual se podrán hacer las copias que sean necesarias en BT-2020, DCI-P3 o BT-709.

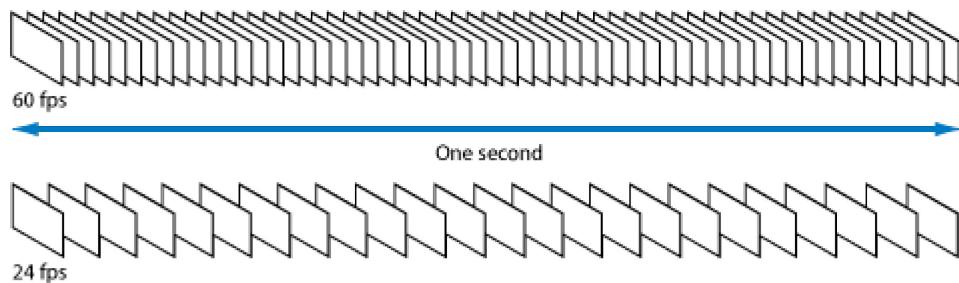


Gamut de color de ACES. Fuente: [Nanosys](#).

Resolución temporal. HFR

Los sistemas de edición de vídeo que se utilizan hoy en día ofrecen cierta flexibilidad a la hora de definir la frecuencia de fotogramas o *frames* por segundo (fps) de una secuencia o un proyecto. En cine tradicionalmente se ha rodado a 24 fps, en la televisión europea a 25 fps y en Estados Unidos a 30 fps o a 29,97 fps. Las cámaras digitales pueden grabar con cualquiera de estos valores de frecuencia y los sistemas de postproducción ofrecen herramientas para hacer las conversiones que puedan ser necesarias.

Cuanto más fotogramas se tomen de una acción, más información se registrará sobre el movimiento que produce. Por ello la frecuencia de fotogramas por segundo (*frame rate*) de una secuencia se denomina '**resolución temporal**' (*temporal resolution*).



Resolución temporal. Fuente: [Apple](#)

La resolución temporal en la grabación también afectará a la definición de los bordes de los objetos en movimiento y al efecto de **desenfoque de movimiento** (*motion blur*). Un aumento en la frecuencia de captación implica también un aumento de la velocidad de obturación en la cámara generando así imágenes más nítidas con un efecto de desenfoque de movimiento reducido.



Efecto de la variación de la velocidad de obturación sobre el desenfoque de movimiento.
Fuente: [Wikimedia](#).

Para Ultra HD y para cine digital se han especificado resoluciones temporales superiores que se conocen como **High Frame Rate (HFR)**. Porque cuando se amplía el tamaño de representación, es decir, para pantallas de mayor tamaño, es conveniente también aumentar el número de fotogramas por segundo para obtener mayor nitidez y reproducir fielmente el movimiento. Las frecuencias de 48 fps o superiores se consideran HFR.

Estéticamente hay una diferencia notable: el desenfoque de movimiento, que el espectador está acostumbrado a ver en el cine grabado a 24 fps, resulta artísticamente interesante. La frecuencia HDR produce a veces una sensación más fría y más real que puede no agradar a todo el mundo. Pero los gustos del público también evolucionan con la tecnología y la calidad de la representación se está imponiendo.

Cuando el movimiento se percibe con un efecto estroboscópico, con tirones o falta de suavidad es debido a dos factores: la ausencia de desenfoque de movimiento y una resolución temporal insuficiente. Al contrario, las imágenes grabadas y reproducidas en HFR son más nítidas (por la ausencia de desenfoque de movimiento) y el movimiento es más suave.

La norma BT-2020 contempla, además de los 48 fps, frecuencias de 50 y 60 fps en exploración progresiva. Los proyectores de cine digital bajo la norma DCI también incluyen la posibilidad de proyectar en las salas de exhibición a 48 fps.

Los nuevos desarrollos para la televisión Ultra HD consideran valores de resolución temporal más altos aún. En las recomendaciones de DVB y SMPTE está previsto alcanzar los 120 fps. Las cámaras de cine profesional e incluso alguna de gama inferior ya ofrecen también la posibilidad de aumentar la resolución temporal.

Las frecuencias más habituales en difusión son: 25 fps, 29,97 fps, 24 fps, 23,98 fps y 48 fps. En la siguiente tabla se detallan los contextos en donde se usan:

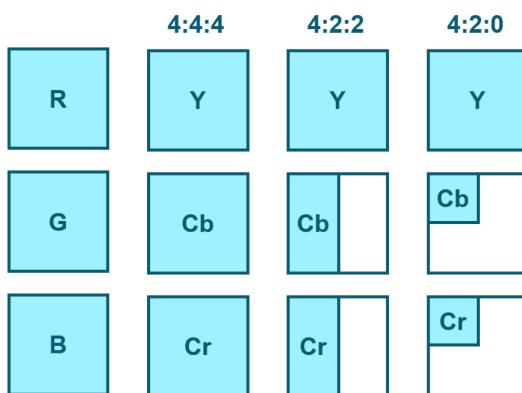
25 fps	Es la frecuencia que se usa en la televisión PAL, en Europa y en las regiones del mundo donde la electricidad va a 50 hz.
29,97 fps	Es la frecuencia que se utiliza en la televisión en color NTSC, en Estados Unidos y en las demás regiones del mundo donde la frecuencia eléctrica va a 60 hz.
24 fps	Es la frecuencia que se utiliza tradicionalmente en cine.
23,98 fps	Es la frecuencia que se utiliza para el cine digital para facilitar las conversiones a la frecuencia 29,97 de la televisión en color NTSC.
48 fps	Es un estándar de resolución temporal opcional en la exhibición de cine digital.

*Frecuencias de fotogramas por segundo más habituales para la difusión de cine y televisión.
Fuente: 709 MediaRoom.*

Submuestreo de color

El **submuestreo de color** (*Chroma Subsampling*) es un tratamiento de la señal de vídeo por el cual se reduce la información de color. Consiste en reducir el número de píxeles que se codifican en las componentes de color. Esta estrategia aprovecha que la visión humana es más sensible al brillo que al color. Así, se conserva toda la resolución de la imagen en blanco y negro (brillo) y se elimina información de color, manteniendo la sensación de calidad.

En una señal 4:4:4 (Y, Cb, Cr) no hay submuestreo de color y por lo tanto se trata de una señal por componentes equivalente en calidad a RGB. El submuestreo 4:2:2 reduce a la mitad la resolución espacial de las componentes de color (Cb y Cr), preservando la señal de luminancia (Y). El 4:2:0 reduce la resolución del color a una cuarta parte.



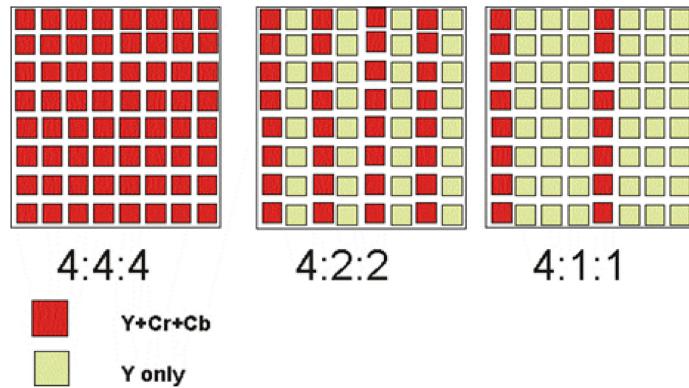
Submuestreo de color 4:2:2 y 4:2:0.

En flujos de trabajo de alta calidad y para la postproducción se suele trabajar en 4:4:4, es decir, sin submuestreo de color. En algunos contextos profesionales se utiliza el submuestreo 4:2:2, también conocido como ‘calidad de estudio’ o ‘calidad broadcast’. Para el vídeo doméstico, semi-profesional (*prosumer*) y para la difusión es frecuente utilizar submuestreo 4:2:0.

El submuestreo de color también entra en juego en 4K. Una señal con submuestreo 4:2:0, por mucho que sea 4K, no tendrá los mismos niveles de calidad que con 4:2:2 o 4:4:4. Estará por debajo de los estándares profesionales de la producción de cine o televisión. Los requisitos de almacenamiento y transmisión serán muy inferiores, pero también la calidad de la imagen resultante.

Sin embargo con las imágenes de alta calidad, es decir, de 4K con 10 bits de profundidad de color, en 4:4:4, el tamaño de los archivos es gigantesco y el simple proceso de descargar el material a un disco duro o realizar una copia puede resultar una ardua tarea que demande mucho tiempo. Un minuto de material puede ocupar 1,27 Gigabytes (GB). Será necesario por lo tanto prestar atención a la capacidad de transferencia de las distintas conexiones y cableados, así como a la velocidad de lectura y escritura de los discos duros que se estén utilizando.

Los sistemas de codificación tienen que encontrar un equilibrio entre la calidad de la imagen y el tamaño del archivo que se genera. Dependiendo del segmento de mercado a los que se dirijan los equipos, profesional o doméstico, se aplicarán distintas estrategias tecnológicas.



En una señal 4:4:4 todos los píxeles llevan información de color. Fuente: [Alanxelsys](#)

Flujo de transferencia y ancho de banda

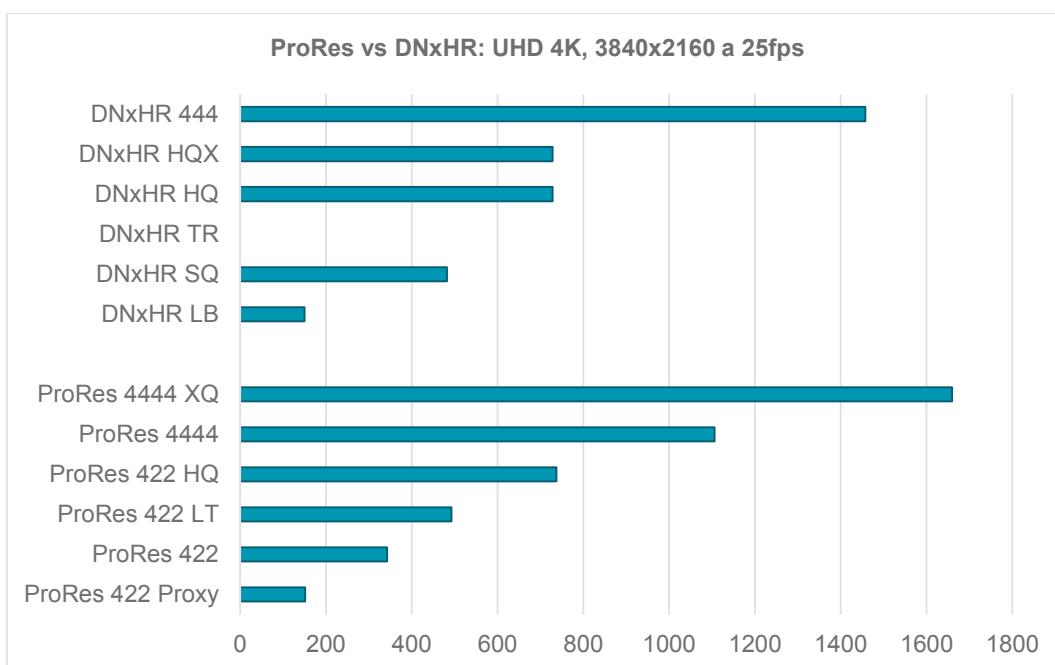
El **flujo de transferencia** binaria o tasa de transferencia (*bit rate*) indica el número de bits que se transmiten por segundo. Se puede expresar en bits por segundo (*bits per second*; bit/s) o en Bytes por segundo (B/s). Un bit es la unidad mínima de información digital. Un Byte son ocho bits. Se suele utilizar la unidad bit cuando la transmisión se produce en serie, es decir, en fila uno detrás de otro, y Bytes cuando la transmisión de hace con ocho bits en paralelo.

Cuanto mayor sea la resolución espacial, la profundidad de color y la resolución temporal, mayor será la cantidad de información (bits) a transmitir para poder reproducir el vídeo en tiempo real. Es decir, cuanta más calidad tenga el formato de vídeo, mayor será el flujo de transferencia que genera.

En radiodifusión se emplea el término análogo ‘**ancho de banda**’ para referirse al espacio radioeléctrico necesario para transmitir la señal.

Con fin de reducir el flujo de transferencia de la señales y por lo tanto el ancho de banda para la transmisión se utiliza el submuestreo de color y los sistemas de compresión.

Todos estos valores quedan reflejados en el formato de archivo y el **códec** que se utilice. A modo de ejemplo, en la siguiente figura se pueden ver las tasas de transferencia en Mbit/s que generan los distintos códecs ProRes y DNxHR para una resolución de 3840x2160 a 25 fps.



Flujo de transferencia en Mbit/s generado por los archivos 4K, 3840x2160 a 25fps en los distintos niveles de calidad que ofrecen los códecs ProRes y DNxHR. Fuente: **709 MediaRoom** a partir de los datos de **ProRes White Paper** (2014, pág.22) y **Avid® High-Resolution Workflows Guide** (2014, pág. 134).

Una de las mayores complicaciones del 4K está en el **tamaño de los archivos** y el flujo de transferencia que genera su reproducción. Anecdóticamente podemos señalar que un disco duro externo conectado por USB 2.0 encuentra su límite de capacidad en los 280 Mbit/s. Solo es capaz de reproducir un vídeo 4K con los códecs más bajos de ProRes o DNxHR, los que se utilizan para edición *offline*: ProRes Proxy y DNxHR LB. Los códecs más altos requieren un equipo con mucha capacidad, discos duros muy rápidos y el conexiónado adecuado para soportar esas tasas de transferencia.

Las cámaras ligeras 4K de la electrónica de consumo utilizan todos los recursos posibles para reducir estos valores: profundidad de color a 8 bits, submuestreo de color 4:2:0 y agresivas técnicas de compresión con pérdidas que afectan gravemente a la calidad de las imágenes. De esta forma se consigue que el material se pueda almacenar en tarjetas SD de bajo costo que no soportarían flujos de transferencia superiores.

También en el ámbito profesional se intentan optimizar las tasas de transferencia. Se trabaja con códecs de alta calidad pero con una ligera compresión, como DNxHR o XAVC de Sony, porque si no, el volumen de datos sería inabordable.

Codificación. Formatos contenedores y códecs

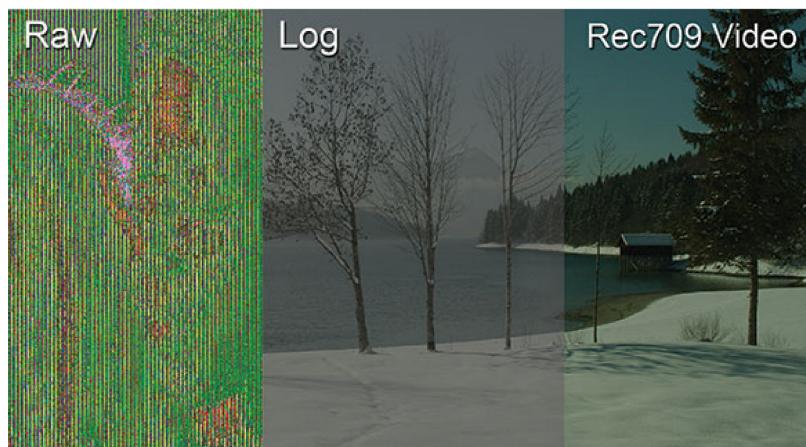
Archivos RAW y archivos de imagen procesada

Los **archivos RAW** contienen toda la información en bruto que ha captado el sensor de la cámara. Estos archivos RAW no se pueden ver de forma inmediata ya que falta aún realizar el procesado de la imagen. A esta operación de procesado de la imagen en postproducción se la llama a veces 'revelado RAW'. Continuando con la analogía con el fotoquímico se puede decir que el fichero RAW contiene una 'imagen latente'. Cuando no se graba en RAW se dice que se graban 'imágenes procesadas'.

Cada fabricante de cámaras de cine digital tiene su propio formato RAW: ArriRaw, SonyRaw, RedCodeRaw, Cinema DNG, etc. Y no todos funcionan igual. Cada uno de estos formatos permite, en mayor o menor medida, modificar en postproducción parámetros básicos, como la ganancia (ISO), la curva de *gamma*, el gamut o el balance de blancos.

Los **archivos de imagen procesada**, a diferencia de los formatos RAW, tienen estos parámetros definidos directamente desde la cámara y no se pueden modificar. Para modificar el contraste o el equilibrio de color será necesario hacer una nueva codificación, es decir, generar un nuevo archivo de media (*clip* o *media file*).

La diferencia fundamental es que los cambios que se realizan en RAW son a nivel de metadatos. Con los códecs de imagen procesada estos parámetros vienen ya definidos desde la cámara y consolidados en la imagen.



Tres fases de procesado de una Imagen: RAW, procesada con curva de gamma logarítmica y procesada con curva de gamma Rec.709. Fuente: [Abelcine](#).

Formatos contenedores

Un archivo de media (*clip* o archivo de vídeo) tiene distintas componentes de vídeo, audio y metadatos. Puede tener varios audios, varios vídeos y una cantidad variable de metadatos. Todo este conjunto de componentes se compilan en **formatos contenedores** (*container formats*).

Empaquetados en el formato contenedor están las componentes de vídeo y audio. Cada una de estas componentes está codificada mediante un códec. El término ‘códec’ se refiere a las especificaciones técnicas de la codificación de cada componente de vídeo y audio.

Resumiendo, un archivo de vídeo tiene un formato contenedor y un códec. Y dentro de un formato contenedor puede haber distintos códecs.

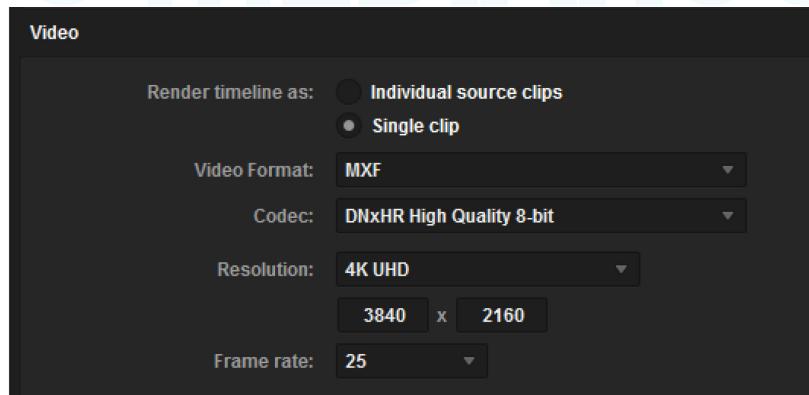


El formato contenedor encapsula en un solo archivo el vídeo, el audio y los metadatos.

Como ejemplos de formatos contenedores muy conocidos se pueden citar: AVI, que es el contenedor estándar de los equipos de Microsoft; MOV, el de los ordenadores de Apple, y MP4 que es el contenedor genérico que se utiliza para los archivos codificados en MPEG-4.

En entornos profesionales de producción se utiliza frecuentemente el formato contenedor MXF (*Material Exchange Format*). También se utiliza mucho MOV, por ejemplo para entrega a cliente.

Al haber sido admitido recientemente MXF por FinalCutPro, es decir por Apple, parece que va a quedar MXF como el estándar de facto para producción. La dificultad que tiene MOV es que da problemas frecuentemente con la *gamma*. La ventaja de MXF es la potencia que ofrece en los metadatos. Los fabricantes de cámaras de cine prefieren MXF y para postproducción MXF también ofrece mayor estabilidad.



Menú de exportación en DaVinci Resolve con desplegables para seleccionar el formato contenedor (MXF) y el códec (DNxHR).

Los archivos para la proyección de cine digital DCI también van encapsulados en MXF.

En difusión, sobre todo para *streaming*, se utiliza mucho MP4 como formato contenedor.

En radiodifusión televisiva no se utilizan formatos contenedores. Este concepto se transforma en formatos de flujo de transporte de la señal (*Transport Stream*). En todo el mundo está aceptado el uso del formato *Transport Stream* (TS) de *MPEG2 System*.

Clasificación de los códecs

Existen muchos códecs para los archivos de vídeo 4K que ofrecen distintos niveles de calidad para la producción y difusión de televisión y cine digital. A efectos didácticos los podemos clasificar en cuatro grupos:

- Códigos nativos de cámara
- Códigos de intermediación o de postproducción
- Códigos de masterización y archivo
- Códigos de difusión

Pero estos grupos no son estancos, puesto que hay cámaras que ofrecen la posibilidad de grabar con códecs que estarían naturalmente en el apartado de postproducción (por ejemplo ProRes) o en el de difusión (por ejemplo H.264). Lo mismo ocurre con los sistemas de edición y postproducción que pueden trabajar con cualquier códec.

Códigos nativos de cámara

Cada fabricante de cámaras ofrece su propia gama de códecs disponibles para la grabación.

Las cámaras Arri pueden grabar en ArriRaw, o también en los códecs de imagen procesada ProRes y DNxHD.

Sony tiene su propio formato RAW, SonyRaw, para las cámaras de cine digital. Utiliza XAVC para el mercado profesional de la televisión. Un formato de grabación específicamente desarrollado para 4K a 8/10/12 bits, con muestreo de color 4:4:4/4:2:2/4:2:0 y empaquetado en MXF. En la gama 4K de consumo utiliza Sony XAVC S que graba en 4:2:0 y con compresión H.264.

Las cámaras Red utilizan para RAW un formato propio, el Redcode Raw.

En Canon, para la gama más alta de producto, también tiene su códec RAW, el CanonRaw. En equipos más económicos, como la cámara Canon EOS 1 DC, utilizan el códec Motion JPEG en 4K con algo de compresión.

Las cámaras de Blackmagic utilizan el códec RAW CinemaDNG 4K. También permiten grabar en las distintas calidades de la familia ProRes.

Las cámaras que no están dirigidas al mercado profesional utilizan códecs con fuerte compresión H.264 y submuestreo de color 4:2:0.

Códecs de intermediación o de postproducción

Los códecs de intermediación se emplean en postproducción de alta calidad, para el montaje *online* y para la corrección de color. Tratan de mantener la calidad de las imágenes originales con una compresión mínima y procurando que el peso final de los archivos no sea muy alto.



También se emplean códecs de intermediación para el montaje *offline*, creación de *dailies* de visionado, etc. Normalmente estos van asociados a niveles mayores de compresión y menor peso de archivo.



Existen muchos códecs de intermediación, aunque los más utilizados son los de las familias de ProRes de Apple y DNxHD de Avid. Para 4K, Avid ha introducido en 2014 la nueva familia de códecs DNxHR.

Códecs de masterización y archivo

Una vez terminada la postproducción se utilizará un códec de máxima calidad para archivar el material.

En este momento de la cadena de producción el espacio que ocupe el fichero ya no es tan relevante. Por lo tanto se utilizarán códecs sin compresión o con compresión sin pérdidas, especialmente en cine digital. Es habitual utilizar secuencias de imágenes fijas, es decir una imagen fija independiente para cada fotograma. La ventaja de este sistema es que si, por algún motivo, se corrompe un fichero, el resto de los fotogramas quedan intactos. Ofrece también cierta garantía de que el formato no quedará anticuado o descatalogado con el paso del tiempo. El inconveniente de estos formatos de archivo es que ocupan muchísimo espacio de almacenamiento.



Los formatos más utilizados son DPX, QT sin compresión y MXF. El formato DPX es más recomendable hoy en día porque MXF o QT demandan más capacidad de proceso a la máquina.



Algunos fabricantes que tienen intereses en el sector de los archivos audiovisuales han creado códecs de masterización y archivo con algo de compresión que encuentran un equilibrio entre la calidad y el espacio de



almacenamiento necesario. Podemos destacar el XAVC de Sony o el AVC Ultra de Panasonic. Este tipo de códecs son más apropiados para los flujos de trabajo de televisión Ultra HD.

Códecs de difusión

El estándar de difusión del cine digital es el DCP (*Digital Cinema Package*) de DCI (*Digital Cinema Initiatives*). El DCP utiliza el códec JPEG 2000, que es una secuencia de fotogramas con compresión JPG que se encapsula en MXF. Tiene un sistema propio de encriptación para evitar usos ilegítimos de las copias de alta calidad que se proyectan en las salas.



Disco DCP para la proyección de cine digital. Fuente: [Redsmoke](#).

En televisión se utilizan códecs orientados a optimizar el ancho de banda de transmisión. Se utilizan los códecs MPEG2 o MPEG4 (H.264) para la televisión digital de resolución estándar y de alta definición. El nuevo salto en esta familia de códecs es el MPEG-H Vídeo, más conocido como HEVC (H.265), el códec que se está utilizando para ultra alta definición.

Por ahora hay dos versiones de HEVC (H.265). La versión 1 (de 2013) define los perfiles para difusión y la versión 2 (de 2014) los perfiles profesionales de mayor calidad.

- La versión 1 incluye los perfiles de difusión en 4:2:0 con cuantificación de 8 y 10 bits.
 - La versión 2 incluye los perfiles superiores en 4:2:2, 4:4:4 y por encima de 10 bits. De aquí se derivará el equivalente al AVC Intra.

HEVC (H.265) es muy eficiente en la reducción de la tasa de transferencia del 4K pero también es muy costoso a nivel de computación. Necesita mucho más cómputo que H.264 (hasta 10 veces más).

Para la difusión de contenidos audiovisuales de alta calidad por internet existe la norma MPEG DASH (*Dynamic Adaptive Streaming over HTTP*) que recomienda para el *streaming* un encapsulado MPEG y unos códecs, entre ellos HEVC (H.265).



Se empezó a hacer *Streaming* 4K en MPEG 4 (H.264), pero se necesitan por lo menos 20 Mbit/s para que funcione bien. Con HEVC (H.265) se puede hacer con 12-15 Mbit/s y probablemente en los próximos años se pueda bajar hasta a los 10 Mbit/s.

A continuación presentamos en una tabla los códecs más habituales para producción 4K, con ejemplos de formatos y vínculos de referencia.



Tabla de códex de producción 4K

NOMBRE	FABRICANTE	EJEMPLO CÁMARA GRABADOR	SISTEMA DE COLOR	MUESTREO	CUANT.	RES.	P.A.R.	COMP.	TASA DE DATOS (25 FPS)	SOPORTES COMUNES	MEDIA CÁPSULA	INFO.
XAVC S	SONY	FDR-AX100	COMPONENTES YUV	420	8b	HD 1080 P 4K P	SP	H264 GOP NC	HASTA 60 Mb/s	TARJETAS MEMORY STICK/SD	ARCHIVOS .mp4	WIKIPEDIA
XF AVC INTRA	CANON	C-300 MARK II	COMPONENTES YUV RGB	422 444	10 / 12b	HD 1080 P 4K / 2K P	SP	H264 NC	HASTA 410 Mb/s	TARJETAS CFAST	ARCHIVOS .MXF OP 1A	CANON
CANON EOS 1DC	CANON	EOS 1DC	COMPONENTES YUV	422	8b	4K P	SP	MOTION JPEG NC	500 Mb/s	TARJETAS CF	ARCHIVOS .MOV	CANON
AVC ULTRA 4K	PANASONIC	VARICAM 35	RGB	444	12b	4K P	SP	H264 NC	640 Mb/s	TARJETAS P2/MICRO P2	ARCHIVOS .MXF OP 1B	PANASONIC
XAVC 4K	SONY	PMW-F55	COMPONENTES YUV RGB	422 444	8 / 10 / 12b	4K / 2K P	SP	H264 VARIABLE	HASTA 960 Mb/s	TARJETAS SxS PRO/XQD	ARCHIVOS .MXF OP 1A	SONY
CANON RAW	CANON	C-500	RGB	RAW	10b	4K P	SP	NINGUNA 1:1	273 MB/s	GRABADOR EXTERNO	SEC. FOTOGRAMAS .RMF	ABELCINE
V-Raw	PANASONIC	VARICAM 35	RGB	RAW	12b	4K P	SP	NINGUNA 1:1	NC	GRABADOR EXTERNO	NC	CODEX
RED CODEC	RED DIGITAL	DRAGON	RGB	RAW	16b	6K - 2K P	SP	WAVELET 18:1 - 6:1	123 MB/s	SSD REDMAG	ARCHIVOS .R3D	WIKIPEDIA
ARRIRAW	ARRI	ALEXA	RGB	RAW	12b	6K - 2K P	SP	NINGUNA 1:1	276 MB/s (3,5K)	SSD CODEX XR	SEC. FOTOGRAMAS .ARI	ARRI
CINE RAW	VISION RESEARCH	PHANTOM FLEX4K	RGB	RAW	8 / 10 / 12 / 14b	4K / 2K P	SP	NINGUNA 1:1	12,8 GB/s (1000 FPS)	SSD CINEMAG	ARCHIVOS .CINE	VISION RESEARCH
SONY RAW	SONY	F65	RGB	RAW	12 / 16b	8K - 2K P	SP	WAVELET 6:1 - 3:1	245 MB/s	TARJETAS XQD	ARCHIVOS .MXF OP 1A	SONY
CINEFORM RAW	GOPRO	KINERAW S35	RGB	RAW	12b	3K / 2K	SP	WAVELET / NINGUNA 10:1 - 3,5:1 / 1:1	VARIABLE	VARIOS	ARCHVOS .MOV	WIKIPEDIA
CINEMA DNG	ADOBE	BMCC	RGB	RAW	VARIABLE	VARIABLE	SP	WAVELET / NINGUNA VARIABLE	VARIABLE	VARIOS	SEC. FOTOGRAMAS .DNG ARCHIVOS .MXF	WIKIPEDIA
PRORES PROXY	APPLE	ARRI ALEXA	COMPONENTES YUV	422	8b	5K P - SD 576 I	SP / NSP	INTRAFRAME 26:1	22.8 MB/s (4K)	VARIOS	ARCHIVOS .MOV ARCIVOS .MXF	APPLE
PRORES LT	APPLE	ARRI ALEXA	COMPONENTES YUV	422	8b	5K P - SD 576 I	SP / NSP	INTRAFRAME 12:1	51 MB/s (4K)	VARIOS	ARCHIVOS .MOV ARCIVOS .MXF	APPLE
PRORES 422	APPLE	ARRI ALEXA	COMPONENTES YUV	422	8b	5K P - SD 576 I	SP / NSP	INTRAFRAME 8:1	73 MB/s (4K)	VARIOS	ARCHIVOS .MOV ARCIVOS .MXF	APPLE
PRORES HQ	APPLE	ARRI ALEXA	COMPONENTES YUV	422	10b	5K P - SD 576 I	SP / NSP	INTRAFRAME 5,4:1	110 MB/s (4K)	VARIOS	ARCHIVOS .MOV ARCIVOS .MXF	APPLE

NOMBRE	FABRICANTE	EJEMPLO CÁMARA GRABADOR	SISTEMA DE COLOR	MUESTREO	CUANT.	RES.	P.A.R.	COMP.	TASA DE DATOS (25 FPS)	SOPORTES COMUNES	MEDIA CÁPSULA	INFO.
PRORES 4444	APPLE	ARRI ALEXA	COMPONENTES YUV / RGB	444	12b	5K P - SD 576 I	SP / NSP	INTRAFRAME 5:4:1	147 MB/s (4K NO ALPHA)	VARIOS	ARCHIVOS .MOV ARCIVOS .MXF	APPLE
PRORES 4444 XQ	APPLE	ARRI ALEXA	COMPONENTES YUV / RGB	444	12b	5K P - SD 576 I	SP / NSP	INTRAFRAME 3:5:1	221 MB/s (4K NO ALPHA)	VARIOS	ARCHIVOS .MOV ARCIVOS .MXF	APPLE
DNXHR LB	AVID	SHOGUN	COMPONENTES YUV	422	8b	4K / 2K P	SP	INTRAFRAME NC	20 MB/s (4K)	SSD / HDD	ARCHIVOS .MXF ARCHIVOS .MOV	AVID
DNXHR SQ	AVID	SHOGUN	COMPONENTES YUV	422	8b	4K / 2K P	SP	INTRAFRAME NC	65 MB/s (4K)	SSD / HDD	ARCHIVOS .MXF ARCHIVOS .MOV	AVID
DNXHR HQ	AVID	SHOGUN	COMPONENTES YUV	422	8b	4K / 2K P	SP	INTRAFRAME NC	98 MB/s (4K)	SSD / HDD	ARCHIVOS .MXF ARCHIVOS .MOV	AVID
DNXHR HQX	AVID	SHOGUN	COMPONENTES YUV	422	10b	4K / 2K P	SP	INTRAFRAME NC	98 MB/s (4K)	SSD / HDD	ARCHIVOS .MXF ARCHIVOS .MOV	AVID
DNXHR 444	AVID	SHOGUN	RGB	444	10b	4K / 2K P	SP	INTRAFRAME NC	195 MB/s (4K)	SSD / HDD	ARCHIVOS .MXF ARCHIVOS .MOV	AVID
H264	ESTANDAR	PANASONIC LUMIX GH4	COMPONENTES YUV / RGB	420 / 422 / 444	8 - 14b	CUALQUIERA	SP / NSP	IPB / ALL I VARIABLE	VARIABLE	VARIOS	ARCHIVOS .MOV ARCIVOS .MP4 / .MTS	WIKIPEDIA
HEVC (H265)	ESTANDAR	CINEMARTIN NEXT	COMPONENTES YUV / RGB / XYZ	420 / 422 / 444	8 - 16b	CUALQUIERA	SP / NSP	IPB / ALL I VARIABLE	VARIABLE	VARIOS	ARCHIVOS .MTS	WIKIPEDIA
BLU RAY	ESTANDAR	NC	COMPONENTES YUV	420 / 444	10b	4K UHD P	SP	HEVC NC	128 Mb/s	DISCO ÓPTICO	NC	WIKIPEDIA
DCP	ABIERTO	NC	XYZ	444	12b	4K / 2K P	SP	J2000 10:1	250 Mb/s	SSD / HDD	ARCIVOS .MXF	WIKIPEDIA
UNCOMPRESS ED	VARIOS	CODEX ONBOARD	COMPONENTES YUV / RGB	420 / 422 / 444	8 - 16b	CUALQUIERA	SP	NINGUNA 1:1	590 MB/s (4K 10b 422)	SSD / HDD	ARCHIVOS .MXF ARCHIVOS .MOV	WIKIPEDIA
DPX	ESTANDAR	ODYSSEY 7Q (2K)	RGB	444	10b / 16b	CUALQUIERA P	SP	NINGUNA 1:1	1,3 GB/s (4K 16b)	SSD / HDD	ARCHIVOS .DPX	WIKIPEDIA
OPEN EXR	ABIERTO	NC	RGB	444	8 - 32b	CUALQUIERA P	SP	ZIP / NINGUNA VARIABLE	3,5 GB/s (4K 32b)	SSD / HDD	ARCHIVOS .EXR	WIKIPEDIA

Fuente: [709 MediaRoom](#).

Otros enlaces de interés:

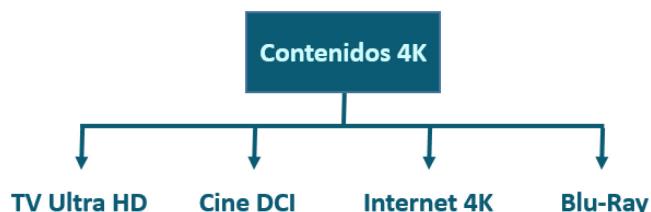
Aja data calculator	Aja
Kata Data calculator	Katadata
Lista de grabadores 4K	Wikipedia

Difusión en 4K



Para saber cómo están las cosas en el terreno de la difusión de vídeo en 4K hemos entrevistado a [Damián Ruiz Coll](#), investigador de la Universidad Politécnica de Valencia especializado en Ultra Alta definición, que nos ha ayudado a comprender cuál es la situación actual y cómo funciona el complejo entramado de entidades y empresas que actúan en la estandarización e implantación de este salto tecnológico.

Para la difusión de los contenidos en 4K se pueden considerar distintos escenarios: las salas de exhibición de cine digital, la radiodifusión televisiva en Ultra HD y la difusión de contenidos por internet. También se está preparando el lanzamiento de los nuevos Blu-Ray para 4K.



Proyector 4K
Sony SRX-R515.

La **exhibición de cine** es un entorno controlado que se rige por el estándar de DCI. En este caso las cosas son sencillas: hay que cumplir con el modelo único que se ha impuesto en todo el mundo.

Para la **televisión** hay distintas organizaciones internacionales de normalización que establecen los estándares. Es un mercado abierto y competitivo. En este caso el elemento crítico es la interoperabilidad: la industria fabrica unos televisores que tienen que ser capaces de entender las señales que les llegan.

Internet es un escenario distinto, puesto que hay una gran diversidad de dispositivos y pantallas que se pueden conectar. También los ordenadores tienen mucha más agilidad para adaptarse a distintos formatos y códecs.



Interfaz Smart TV en un televisor Samsung 4K. Fuente: [HSN](#)

Tanto en internet como en televisión la normalización (*standardization*) es el factor clave. Los productores audiovisuales tienen que adaptar sus contenidos a las normas y estándares de las distintas plataformas, y los fabricantes de la electrónica de consumo tienen que basarse en estas mismas normas para poner en el mercado equipos compatibles. El objetivo que se persigue es que estos estándares sean adoptados a nivel mundial para permitir las economías de escala en la fabricación de dispositivos.

A nivel de audio y de vídeo digital hay dos organismos internacionales que definen los formatos, la codificación y la compresión: la ITU (*International Telecommunication Union*) y la ISO (*International Organization for Standardization*). Son familias distintas y de alguna manera enfrentadas, pero para tener éxito están abocadas a juntarse cada cierto tiempo. Eso pasó con el MPEG 2. Antes de que empezara MPEG.2, la ITU hacía estándares de vídeo, como por ejemplo el H.261, y la ISO hacía los suyos, como por ejemplo el MPEG.1. Para definir el MPEG.2 (H.262) la ITU y la ISO se juntaron para hacer la norma conjuntamente. Tuvieron mucho éxito y se volvieron a juntar para hacer juntos el MPEG.4 AVC (H.264). En 2010 crearon el HEVC (H.265) también llamado MPEG.H parte II Vídeo, que es el códec que se va a utilizar tanto para la televisión Ultra HD como para la difusión de contenidos 4K en Internet.



Pero la forma en la que estas normas se llevan al mercado varía en las distintas regiones del mundo. Hay varios organismos o asociaciones de empresas que llegan a acuerdos y hacen recomendaciones con el objetivo de crear un mercado común e interoperable. Pero frecuentemente estas organizaciones también compiten entre sí y tienen intereses enfrentados.

DVB es el organismo que ha definido la norma de televisión digital que se utiliza en Europa y otras regiones del mundo. Es un consorcio abierto en donde están los

radiodifusores y la industria de la electrónica de consumo. **ATSC** es el equivalente a DVB en Estados Unidos. Para la televisión Ultra HD están trabajando una nueva norma que se llamará ATSC 3.0. En Japón tienen también un modelo propio para la televisión digital que es el **ISDBT**.



DVB ha definido tres fases para la implantación de la **televisión Ultra HD**. Actualmente estamos en la fase 1 que es para una resolución espacial de 3840x2160, 4:2:0 a 8 bits con el espacio de color BT-709 y hasta 60 fps. No hay por ahora ninguna especificación para el incremento del rango dinámico. En las siguientes fases está previsto incrementar la resolución espacial y temporal, utilizar 10-12 bits, aumentar el rango dinámico, y utilizar todo el gamut de la norma BT-2020. Pero las fechas de estos desarrollos no están aún fijadas.

Actualmente hay dos canales de televisión 4K por satélite en Astra y otros dos en Hispasat que están emitiendo en HEVC (H.265) según las recomendaciones de DVB de la fase 1 con un ancho de banda de 15 Mbit/s. En la TDT será más difícil encontrar espacio de emisión puesto que sería necesario que los Estados asignaran nuevas frecuencias con este objetivo. Un escenario poco probable a día de hoy cuando los operadores de telefonía móvil reclaman para ellos el uso de las frecuencias de radiodifusión terrestre. Sin embargo para las redes de televisión por cable y fibra óptica, no existen este tipo de barreras.

En relación con los **Blu-Ray Disc 4K**, se espera que los primeros equipos se empiecen a distribuir a finales del 2015. El formato será compatible con los televisores 4K Ultra HD, con una resolución 3840x2160 hasta 60 fps. Utilizarán el HEVC (H.265), 10 bits y submuestreo de color 4:2:0. La tecnología está preparada para detectar si el monitor tiene capacidad para reproducir el espacio de color de BT-2020. Permitirá tres tamaños de disco: 50 GB a 82 Mbit/s, 66 GB a 108 Mbit/s, y 100 GB a 128 Mbit/s. ¡Ahora solo hay que esperar a que lleguen los contenidos! Blu-Ray también puede ser un formato a considerar para *backup* de datos.



En la siguiente tabla se presentan esquemáticamente las distintas organizaciones de normalización e interoperabilidad que están actuando para definir el mercado del 4K.

Tabla de organismos internacionales de normalización e interoperabilidad para el 4K

ITU	<i>International Telecommunication Union</i>	ITU es la organización internacional de normalización que ha creado los estándares H.26x. Conjuntamente con ISO han definido el estándar HEVC (H.265).
ISO	<i>International Organization for Standardization</i>	ISO es la organización Internacional de normalización que ha creado los estándares de la serie MPEG. Conjuntamente con ITU han definido el estándar HEVC (H.265).
DCI	<i>Digital cinema initiative</i>	DCI es un consorcio fundado por los grandes estudios de cine norteamericanos. Han creado los estándares para la exhibición de cine digital en 4K.
DVB	<i>Digital Video Broadcasting</i>	DVB ha creado el modelo de televisión digital que se utiliza en Europa y otras regiones del mundo. Actualmente están definiendo el modelo de radiodifusión de Ultra HD. La norma de referencia es ETSI.TS101.154.
EBU	<i>European Broadcast Union</i>	EBU es una asociación de radiodifusores públicos europeos y empresas asociadas. Siguen las recomendaciones de DVB.
ATSC	<i>Advanced Television Systems Committee</i>	ATSC ha creado el modelo de televisión digital que se utiliza en EEUU y otras regiones del mundo (fundamentalmente en Norteamérica). Para el 4K están trabajando una nueva norma que se llamará ATSC 3.0.
SMPTE	<i>Society of Motion Picture & Television Engineers</i>	SMPTE es una asociación profesional con mucha influencia internacional que hacen normas que afectan a la producción audiovisual. Para la televisión Ultra HD la norma de referencia es la SMPTE ST 2036:2014.
ISDBT	<i>Integrated Services Digital Broadcasting</i>	ISDBT es el consorcio que ha creado el modelo de televisión digital que se utiliza en Japón con una importante implantación en Sudamérica.
DTMB	<i>Digital Terrestrial Multimedia Broadcast</i>	DTMB es el estándar de televisión digital que se utiliza en China.
DASH	<i>Dynamic Adaptive Streaming over HTTP</i>	MPEG DASH es una técnica para la difusión de contenidos audiovisuales en 4K por internet. La norma de referencia es ISO/IEC 23009-1:2012.

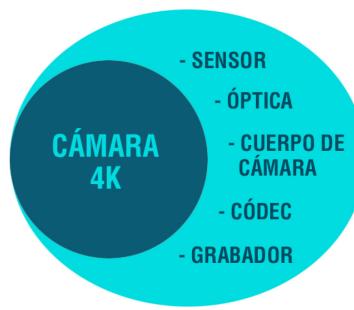
Organismos internacionales de normalización o interoperabilidad para la difusión de contenidos 4K.
 Fuente: [709 MediaRoom](#).

Captación en 4K

En estos últimos años se ha producido una revolución en el mundo de la producción de cine con una sustitución prácticamente total de la tecnología anterior: la película cinematográfica. Los niveles de calidad del digital por fin han alcanzado los valores del fotoquímico. Hoy en día la gran mayoría de las películas se graban con cámaras digitales.

Por otra parte la distancia tecnológica que ha separado siempre los mundos del cine y televisión se ha reducido. La convergencia se ha producido en torno a los conceptos de cine digital en 4K y televisión de ultra alta definición. Ambos medios utilizan ya la misma tecnología y los mismos instrumentos.

En este apartado se presenta un panorama de las cámaras digitales de uso profesional que abarca los sensores, las ópticas, los cuerpos de cámara y los dispositivos de grabación externos. No están en esta relación todos los equipos periféricos que rodean a la cámara en una grabación profesional porque la lista sería demasiado larga, pero se ha intentado dar una visión panorámica del mercado de las cámaras profesionales 4K.



Componentes clave de un sistema de captación 4K.

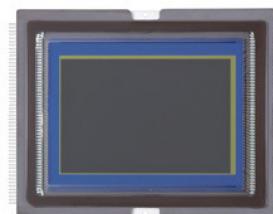
Sensores de cámara y ópticas



La calidad las ópticas y de los sensores de las cámaras son sin duda unas de las claves fundamentales para la ultra alta definición y el cine 4K. Para adentrarnos en este asunto hemos entrevistado a **Julio Gómez**, formador, *betatester* y experto en esta materia. Hemos intentado resumir, de forma simplificada, unos conceptos básicos y unas opiniones autorizadas que amablemente nos ha transmitido.

Sensores

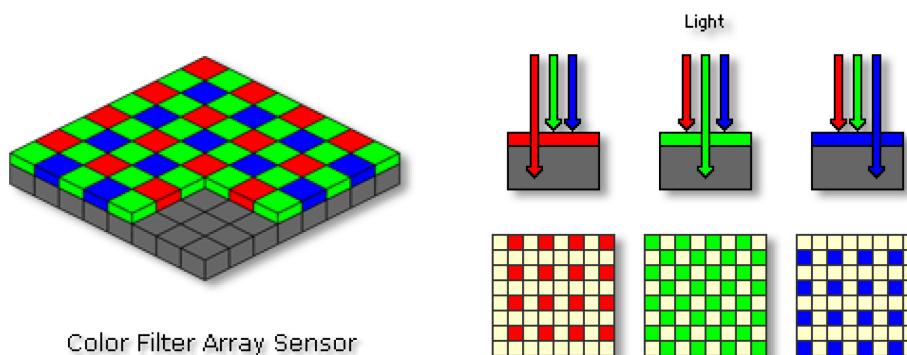
Los sensores están en el plano focal de las cámaras digitales. Es el plano donde convergen los haces de luz que atraviesan el objetivo. Está compuesto por una matriz de millones de cavidades captadoras de luz llamadas 'fotodioides'. Durante la exposición los fotodioides quedan al descubierto para recoger y almacenar la información de brillo y color de cada pixel.



Sensor de una cámara digital.

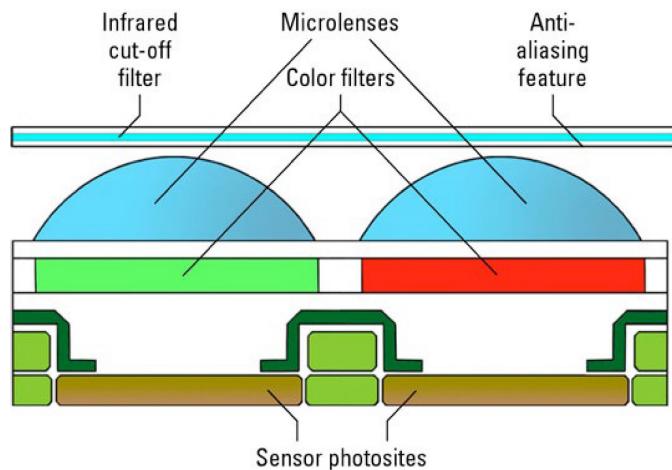
Fuente: [Julio Gómez](#)

Para captar el color se colocan unos filtros cromáticos delante de cada uno de estos fotodioides. La tecnología más extendida para esta función es la **máscara de Bayer** que está formada por un 50% de filtros verdes, un 25% de rojos y un 25% de azules. Interpolando dos muestras verdes, una roja y una azul se obtiene un pixel de color. En los archivos RAW se guarda la información del patrón de Bayer de forma directa, sin interpolaciones. Por ello, al proceso de 'relevado RAW' también se le conoce como 'debayerización' (*debayering*).



Patrón Bayer que se usa en los sensores para captar la información de color de cada pixel.
Fuente: [Vincent Bockaert](#)

A parte de los filtros de color del patrón Bayer, en un sensor hay otros elementos: un filtro de paso bajo para el *anti-aliasing*³, un filtro de infrarrojos (IR)⁴, unas micro lentes⁵ y dependiendo de las cámaras unos filtros de densidad neutra (ND).



Arquitectura del sensor de captación digital de imágenes.

Todos estos filtros, que son necesarios, lastran el potencial de resolución que pueden dar los objetivos y la cantidad de luz que llega a cada fotodiodo. Por lo tanto afectan también al rango dinámico de la imagen resultante. A día de hoy el rango dinámico es el gran reto para aumentar la sensación de calidad de una imagen. Tanto o más que la resolución.

Al aumentar el tamaño de los fotodiodos, es decir con sensores grandes con menos megapíxeles, llega más cantidad de luz y por lo tanto se incrementa potencialmente el rango dinámico.

El tamaño del sensor determina el tipo de objetivo que se necesita. Las cámaras de cine tradicionales utilizaban película de 35 mm y la denominación de los tamaños de los sensores digitales sigue utilizando esta referencia, indicando así que los objetivos que se utilizaban en cine y en fotografía siguen siendo válidos para estas nuevas cámaras.

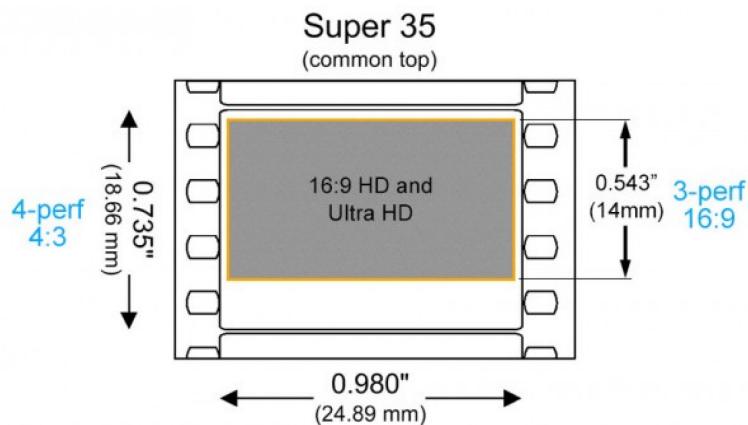
Pero los términos 35 mm, super 35 mm, *full frame*, etc. no son muy precisos puesto que el número 35 hace referencia al ancho en milímetros de una película fotoquímica considerando también la zona de las perforaciones y sin tener en cuenta la relación de

³ Cualquier sistema que toma muestras de una señal continua a intervalos discretos presentará 'moiré' en algunos casos. Por eso se utilizan filtros de paso bajo (o *anti-aliasing*) en la mayoría de las cámaras del mercado. Reducen la resolución de detalles potencialmente problemáticos que superen la capacidad de discernir detalles del sensor.

⁴ Los filtros IR están diseñados para bloquear las longitudes de onda infrarrojas dejando pasar la luz visible. Se añaden delante de los sensores de las cámaras dada la gran sensibilidad de éstos a la luz casi infrarroja.

⁵ Las micro lentes se ocupan de dirigir los rayos de luz a la zona fotosensible.

aspecto. En la siguiente imagen se puede apreciar la correlación de tamaño de la película fotoquímica y los sensores digitales de Super 35 mm.



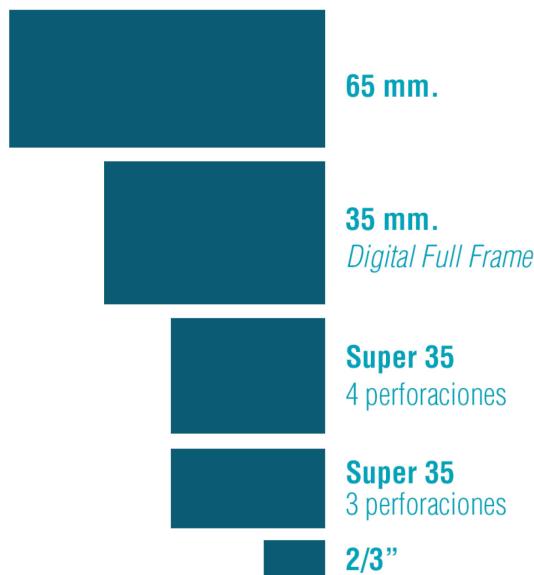
Tamaño de los sensores digitales de Super 35 en relación con la película de cine.
Fuente: Wikipedia y Wolfcrow⁶.

El tamaño del sensor tiene también una influencia directa en **la profundidad de campo**. Las cámaras con sensores más grandes, por las características de la óptica que utilizan, dan menos profundidad de campo. Por este motivo, en televisión, se han utilizado habitualmente sensores pequeños con los cuales es más sencillo ajustar el foco porque dan mucha profundidad de campo. Es una característica muy conveniente y efectiva para grabaciones rápidas realizadas por un solo operador. En cine, con película de 35 mm, el foco era más crítico dando lugar a bellas imágenes que utilizan el enfoque selectivo. Las cámaras digitales de cine han heredado esa característica porque utilizan sensores grandes.

En cine, para aumentar la espectacularidad y la calidad de la imagen, se utilizó en algunas ocasiones la película de 70 mm. Recientemente Arri ha lanzado una nueva cámara con un sensor de 65 mm, la Arri Alexa 65. Lógicamente este nuevo sensor demanda nuevos objetivos fabricados específicamente para este tamaño.

En la siguiente figura se pueden comparar los tamaños de sensores más habituales en las cámaras profesionales 4K.

⁶ Sareesh Sudhakaran, ha publicado un interesante artículo en su página web Wolfcrow.com sobre las equivalencias del super 35 mm y el full frame.



Comparación de los tamaños de los sensores más habituales para las cámaras 4K.
Fuente: [709 MediaRoom](#).

La mayoría de las cámaras de cine digital utilizan el sensor de Super 35-3 perforaciones: las Arri Amira y Alexa Classic, las de Red, las de Sony, las de Panasonic, etc.

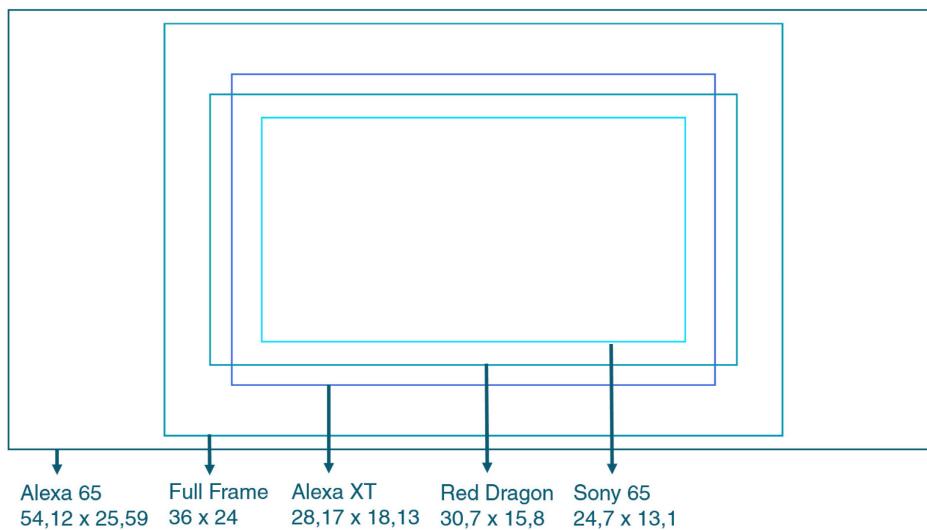
El sensor de las Arri Alexa XTS está más cercano al super 35-4 perforaciones con una proporción de 1,55:1 (modo llamado en las Alexa *Open Gate* 4:3). Esta relación de aspecto se utiliza en muchas ocasiones con lentes anamórficas 2x para hacer los formatos panorámicos *scope* 2,39:1.

El formato *Full Frame* se utiliza más en fotografía que para cine o televisión. Hay cámaras fotográficas DSLR, como la Canon 5D, que graban vídeo con un sensor *Full Frame*. La Sony A7 graba en 4K con sensor *Full Frame* y consigue unos resultados espectaculares en condiciones de baja luz y en cuanto a rango dinámico.

La única cámara digital que tiene un sensor de 65 mm es la Arri Alexa 65.

El sensor de 2/3" se utiliza más en cámaras de televisión.

En la siguiente imagen se puede apreciar las diferencias considerables de tamaño entre sensores que se autodenominan con la etiqueta 'Super 35': Alexa XT, Red Dragon y Sony 65.



Tamaños de sensor de distintas cámaras de cine digital. Fuente: 709 MediaRoom.

Ópticas para 4K

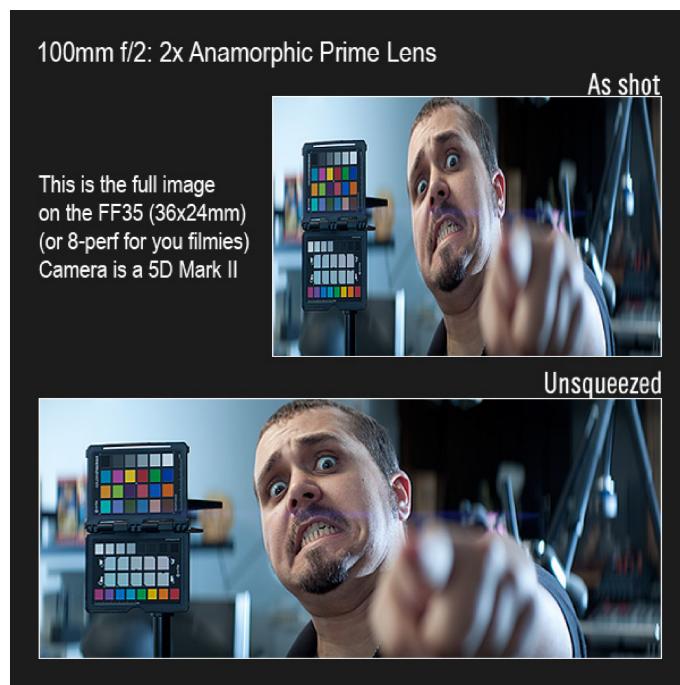
Las ópticas de cine y fotografía llevan siendo 4K desde hace mucho tiempo, porque los soportes fotoquímicos siempre han tenido esa resolución e incluso mucho más.

Pero no es lo mismo un objetivo de fotografía que uno de cine. En fotografía por ejemplo no hay problemas de *aliasing (moiré)* que son críticos en la imagen en movimiento. Desde el punto de vista óptico, los objetivos para cine no son necesariamente de mayor calidad pero mecánicamente son superiores porque los ajustes se hacen manualmente (foco, diafragma, etc.).

En ópticas de cine podemos empezar diferenciando las ópticas esféricas de las anamórficas.

Las anamórficas se utilizan para hacer los formatos panorámicos *scope*. Comprimen la imagen en sentido horizontal para aprovechar toda la superficie del sensor deformando ópticamente la imagen. En postproducción se 'desanamorfiza' para obtener el formato panorámico final. La mayoría de los fabricantes ofrecen lentes anamórficas con dos factores de deformación horizontal: 1,3x y 2x.

Por ejemplo, se puede utilizar una cámara Alexa SXT con sensor cercano al 4:3 (Super 35-4 perforaciones) y una óptica anamórfica para cubrir gran parte del sensor. Si el factor de multiplicador es un 2x se obtendrá una imagen suficientemente panorámica para recortarla a 2,39:1.

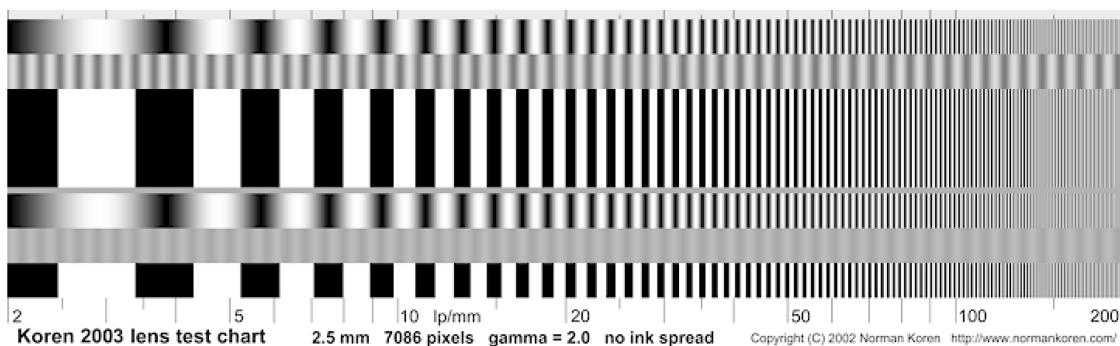


Pruebas con una lente anamórfica para generar formatos panorámicos.
Fuente: [PHFX Phil Holland](#).

Las ópticas esféricas son las que no deforman ópticamente la imagen.

También se pueden clasificar las ópticas por su **distancia focal**. Los objetivos con distancia focal fija son ópticamente menos complejos y suelen dar más calidad. Los de distancia focal variable son los *zooms* y se utilizan mucho para televisión.

La resolución de las ópticas se mide en pares de líneas por milímetro. Es un indicador que se refiere a la capacidad de la óptica para representar nítidamente y de forma claramente diferenciada dos líneas: una negra y una blanca. En una situación ideal para 4K, necesitaríamos unas 42 líneas por milímetro. Pero cualquier óptica estándar de cine de hace 30 años tiene más de 100 pares de líneas por milímetro y las actuales la mayoría casi llegan a 200. Con lo cual éste no es el elemento crítico en los objetivos. El límite de la resolución actualmente está en el sensor. Claro que hay variables que afectan a la resolución de los objetivos, como son la apertura del diafragma o las diferentes respuestas en el centro o los bordes del fotograma.



Carta para la evaluación de la resolución de una lente. Fuente: [Norman Koren](http://www.normankoren.com/).

Al aumentar la resolución de los sensores también se han intensificado los problemas de '**aliasing**', un defecto de las imágenes en movimiento que se produce cuando no se puede discernir con claridad algunos elementos de detalle y aparecen cosas que no son reales: líneas en diagonal, efecto rejilla, bandas de color, etc. El problema de *aliasing* más común es el *moiré* que se produce, por ejemplo, al grabar a un personaje con una camisa de rayas finas o al filmar una textura de rejilla. Es un problema que surge por la combinación de una óptica y un sensor. A mayor resolución, más pares de líneas por milímetro, también nos encontramos con más problemas de *aliasing*⁷. Los filtros de paso bajo que tienen los sensores, también llamados 'filtros de *antialiasing*', sirven para paliar este problema, pero bajan la resolución, la nitidez y el contraste que puede dar el objetivo.

No todas las ópticas dan el mismo resultado en cuanto a **contraste y color**. Por ejemplo las Arri-Zeiss dan un contraste muy acusado. Con las Cooke, por el contrario, se

⁷ Para más información sobre la relación de *aliasing* y la resolución se puede consultar el artículo "[Resolution vs. Aliasing: implications for motion capture](#)" publicado en la página web de Red.

consigue una imagen mucho más suave y empastada. Podría parecer que tienen menos resolución, pero no es así. Lo que tienen es otro *look*. Han sido diseñadas para dar estos resultados diferenciados. Para elegir la óptica hay que conocer estos parámetros que no son solo técnicos sino de estética fotográfica.



Fotograma de "World without end" grabado con cámara Arri Alexa y óptica Cooke S4.
Fuente: [Cooke](#).

Otro aspecto importante a nivel estético para caracterizar una óptica es el '**bokeh**'. Es un término que se utiliza para referirse a la calidad de un objetivo por la estética de las zonas desenfocadas que produce. *Bokeh*, en japonés, significa desenfoque. Es especialmente importante en objetivos muy luminosos, ya que en sus mayores aperturas de diafragma pueden producir una profundidad de campo mínima, y por tanto gran parte de la imagen aparecerá desenfocada.



Comparación del bokeh de una óptica Leica Summilux C y una Cooke S4.
Fuente: [Hurlbut Visuals Blog](#).

Las dos ópticas más utilizadas para cine son las Arri-Zeiss y las Cooke. Hay en el mercado otras marcas muy interesantes, pero estas dos son una opción segura que no tiene riesgo y que no requiere gastar tiempo en pruebas.



Ópticas Arri-Zeiss Master Prime. Fuente: [Arri](#).

Arri-Zeiss tiene 3 juegos de objetivos. El más sencillo se llama Compact Prime para óptica fija y Compact Zoom para distancia focal variable. El siguiente juego es el Ultra Prime que corresponde a una gama media-alta y da una tonalidad ligeramente más fría. Finalmente el juego Master Prime que es el que ofrece mayor calidad. En la serie Master Prime también disponen de lentes anamórficas para formatos panorámicos.



Objetivo Cooke de 25 mm.
Fuente: [Cooke](#)

Las **Cooke** son muy distintas a las Arri-Zeiss. No tienen el contraste de Zeiss, son más uniformes, pero a cambio tiene un *bokeh* más pronunciado. Los tonos son más cálidos, y respeta muy bien los tonos de piel. Son más amables con los actores en términos de fotogenia. Es una buena elección para hacer imágenes suaves, con colores pastel y cálidos. Para imágenes más duras, más contrastadas, son más adecuadas las Master Prime de Arri-Zeiss.



Objetivo Leica Summicron-C de 50 mm.
Fuente: [cw-sonderoptic](#)

Leica tiene las Summilux y la Summicron-C. Tiene una calidad extraordinaria, con un *bokeh* espectacular. Desde el punto de vista de la ingeniería de óptica podrían ser lo mejor que hay en el mundo pero dan un *look* muy particular que no gusta a todo el mundo.

En **Panavisión** están las Primo. Estos objetivos solo se pueden alquilar. Tienen una montura propia (PV) pero la adaptan a cualquier cámara. Fueron pioneros con los objetivos anamórficos.



Objetivos Anamórficos Panavision. Fuente: [Panavision](#)

Hay otras marcas muy interesantes. Por ejemplo **Angenieux** es mítica en *zooms*. Son ópticas muy versátiles con gran rango y una calidad media buena. En cine cuando hay que utilizar un *zoom*, es frecuente utilizar un Angenieux.



Objetivo Angenieux Optimo Style 25-250. Fuente: [Angenieux](#)



Objetivo Canon CN-E 135mm T2.2 L F.
Fuente: [Canon](#)

Canon es el primer fabricante de objetivos del mundo por número de ventas. Canon Prime es la línea que tienen para cine y son ópticas muy buenas. No se usan tanto porque solo vienen con montura EF y en cine se usa habitualmente la montura PL, aunque se puedan poner adaptadores para hacer esta conversión. Se han utilizado para las dos últimas temporadas de la serie *Homeland* y el resultado es excelente. Tienen muy buena resolución, un *bokeh* precioso y el color característico de Canon. El color no es tan real, pero muy agradable a la vista. Los tonos de piel dan muy bien sin necesidad de ajustes posteriores. Se pueden parecer a las Cooke, pero tienen más contraste y más resolución en la parte central.



En una gama intermedia están las ópticas **Schneider**. Las Xenar son las que están dirigidas a la cinematografía y la Xenon son más asequibles, pensadas para cámaras *full frame* o DSLR, aunque pueden dar buenos resultados en cualquier registro.

Objetivos Schneider CINE-XENAR.

Fuente: [Schneider](#)

En ópticas para cine también tenemos que hablar de las **Hawk**. Tienen dos líneas, una actual y una *vintage*, que imita a las lentes anamórficas de los años 70, con muchos reflejos internos (tipo *flare*) y que resultan muy atractivas en algunos casos. Un ejemplo reciente de este *look* de Hawk Vintage es la película “Kingsman servicio secreto” (Matthew Vaughn, 2015).



Juego de objetivos de Hawk Vintage 74. Fuente: [Vantage film](#).

Para trabajar en 65 mm, fundamentalmente para la Alexa 65, están las **IB/E Optics** que se alquilan en Arri-Rental, las de Panavisión y Hawk que también ha sacado una línea nueva para este tipo de sensores.



La nueva gama de objetivos, rediseñados íntegramente por IB/E Optics a partir de elementos ópticos de Hasselblad HC (Fujinon) para su uso con las Alexa 65. Fuente: [Arri Rental](#).

Para ‘cinematografía indie’ o en proyectos de bajo presupuesto, si se usan ópticas de cine, las más asequibles son las Arri Zeiss Compact Prime 2 o las CN de Canon. **Tokina** ha sacado dos modelos de ópticas de cine para este segmento de mercado. En relación calidad precio es muy buena opción.

Cuando hay muchas restricciones de presupuesto se pueden utilizar ópticas de fotografía que salen mucho más baratas. La diferencia no está tanto en la resolución o en la calidad óptica sino en la operación, ya que los objetivos de fotografía no están pensados para hacer cine.



Objetivo Tokina en una Cámara Blackmagic Cinema 4K.
Fuente: [Tokina](#)



Objetivo Fujinon Cabrio con servo. Fuente: [Fujifilm](#).

Para televisión, los dos fabricantes de ópticas que copan el mercado son **Canon** y **Fujinon**. En ambos casos tienen productos preparados para Ultra HD y 4K. Podemos citar las Fujinon Cabrio y las Cine-servo de Canon. Son ópticas *zoom* para televisión con operación mediante servo y pensadas para sensores Ultra HD de Super 35 mm.

En la siguiente tabla están los vínculos a las páginas comerciales de los fabricantes de ópticas que hemos citado en el texto.

Marca	Modelo	vínculo
Arri Zeiss	Master Prime	
	Master Anamorphic	
	Ultra prime	zeiss.es
	Compact Prime Compact Zoom	
Cooke	S4/i Prime Lenses T2	
	5/i Prime Lenses T1.4	cookeoptics.com
	Anamorphic/i T2.3	
Leica	Summilux	
	Summicron C	cw-sonderoptic.com
Panavisión	Primo	panavision.com
Angenieux	Optimo Style Series	angenieux.com
Canon	Prime	
	Broadcast lenses	canon.com
Schneider	Cine-Xenar III	schneiderkreuznach.com /cine-xenar
	Xenon FF-Prime	schneiderkreuznach.com/xenón
Vantage Hawk	Hawk V-lite/anamorphics Vintage'74 / one T1	vantagefilm.com
Tokina	Cinema ATX	tokinacinema.com
Fujinon	Broadcast lenses	fujifilm.eu

Principales fabricantes de ópticas para cine. Fuente: 709 MediaRoom.

Monturas

Para la fijación de las ópticas a los cuerpos de cámara hay distintos tipos de **monturas** vinculadas con los fabricantes y con el tipo de sensor para el que se ha diseñado el objetivo. También hay adaptadores para hacer conversiones. Los tipos de montura más utilizados son las siguientes:

- PL (*Positive Lock*) se usa para cine y con sensores de Super 35.
- B4 es la montura que se usa para televisión y sensores de 2/3 de pulgada.
- PV es la montura propia de Panavision. Adaptan sus objetivos a las distintas cámaras del mercado.
- EF (*Electro Focus*) es la montura de Canon. También otros fabricantes de cámaras como Blackmagic ponen la montura EF para poder utilizar las ópticas de Canon.
- Sony tiene la montura E y la montura FZ que se usa con la F5 y la F55. Es parecida a la PL.
- MFT (Micro cuatro tercios) es una montura que se utiliza con sensores un poco más pequeños en cámaras Olympus y Panasonic.
- XPL, la nueva montura empleada por Arri en la Alexa 65



Distintos tipos de montura y sensor para la cámara Blackmagic URSA.
Fuente: [Blackmagic](#).

Cámaras



Cámara de cinematografía digital Arri Alexa XT. Fuente: [Ovide](#)



Cámara Phantom Flex4K. Fuente: [Vision Research](#)



Cámara Arri Amira, orientada a producción de documentales y televisión en 4K. Fuente: [BrainBox](#).

La gama más alta de cámaras digitales está dirigida a la **cinematografía digital**. Todos los conceptos que se han presentado en la primera parte de esta guía —resolución espacial y temporal, rango dinámico, curvas de *gamma* logarítmicas, espacios de color, etc.— se ven reflejados en estas cámaras que son con las que se produce el cine de ficción de alto presupuesto. Se han diseñado para obtener el máximo nivel de calidad posible. En cuanto a su ergonomía o su operatividad, están pensadas para que sea un equipo de personas las que las opere, no un único operador. Varios fabricantes tienen productos dirigidos a este segmento de mercado: Arri, Red, Sony, Panasonic, Aja, Canon y Blackmagic son los más relevantes.

Para grabaciones con **altas frecuencias** de fotogramas encontramos la Phantom Flex de Vision Research, capaz de grabar 1.000 fps en 4K.

Otros modelos de cámara 4K están orientadas a la producción de **documentales** de alta calidad y la **televisión Ultra HD**. Estos equipos son una actualización de las cámaras de hombro de televisión para periodismo electrónico (ENG) y documentales.

Actualmente pueden tener un tamaño menor, o incluso no tener soporte para apoyarlas en el hombro, pero siguen conservando ese espíritu de cámara más ligera que puede ser operada por una sola persona. No ofrecen los mismos niveles de calidad que las cámaras de cine digital, pero tienen que cumplir con los estándares profesionales de la televisión (*broadcast*).

En este tipo de cámaras es importante la robustez, porque van a recibir un uso muy intensivo, y la ergonomía operativa. Algunos

equipos incorporan la opción ‘Pre-Record’, muy interesante para deportes y documentales puesto que permite empezar a grabar unos segundos antes de pulsar el botón. Para este segmento de mercado encontramos cámaras en los catálogos de los fabricantes especializados en cine, como Arri o Red y también en otras marcas con una gama más amplia de productos como Sony o Canon.

La producción de eventos deportivos en directo siempre ha sido un campo de experimentación para probar las nuevas tecnologías de la imagen. Durante el mundial de futbol de Brasil 2014 se hicieron las primeras retransmisiones 4K con las cámaras Sony F55, un modelo que puede servir tanto para cinematografía como de **cámara de estudio de televisión** o producción de documentales. En 2015, Sony ha lanzado un nuevo equipo dirigido al mercado profesional de la televisión Ultra HD, el HDC-4300, para directos, cámara de estudio o ENG.



Cámara Sony HDC-4300 para producción de TV en 4K. Fuente: [Sony](#).



Cámara Canon 1 DC.
Fuente: [Cameraman](#)

Hay una nueva categoría de producto que se ha hecho muy popular en los últimos años, que es una evolución de las cámaras fotográficas réflex DSLR. Podemos clasificar estas cámaras como de ‘**cinematografía indie**’. A nivel ergonómico, no se adaptan bien al periodismo electrónico ya que requieren muchos accesorios que hace difícil y delicada la operación. Ahora bien, tienen sensores grandes de 35 milímetros (*full frame*), baja profundidad de campo y se consigue la apariencia visual que dan las cámaras de cine. Lo que se conoce en inglés como *Cinematic Look*. De las que graban en 4K podemos destacar la Sony A7s, la Canon 1DC y la Panasonic Lumix GH4.



Cámara de mano JCV GY-HMQ10U.

Fuente: [Bhphotovideo](#)

Ya en una gama de producto más económica encontramos las minicámaras o **cámara de mano**. Muchos fabricantes están sacando al mercado cámaras 4K destinadas al mercado del vídeo, fuera de los estándares del cine digital o el mercado profesional de la televisión. Este salto se refleja en el precio de los equipos, mucho más asequibles, y en los códecs que utilizan. Para reducir la tasa de transferencia y poder grabar en las tarjetas SD, se recurre al submuestreo de color y a la compresión. Siempre que el color se submuestrea a 4:2:0, la señal queda fuera de las normas profesionales de producción. Otro indicador es el flujo de transferencia del códec de grabación. Cuando el flujo de transferencia es bajo (por ejemplo 100-200 Mbit/s en 4K) se trata de un códec de calidad semi-profesional, *prosumer*, doméstico o como se quiera denominar esta categoría. En la siguiente figura podemos ver una cámara de JCV, la GY-HMQ10U, que graba 4K en tarjeta SD con una tasa de transferencia de 144 Mbit/s.



Cámara de acción GoPro Hero 4.

Fuente: [Cameraegg](#).

Otra categoría muy interesante que ha irrumpido en el mundo del 4K es la de las **minicámaras de acción** y las cámaras de los teléfonos móviles. Se utilizan para grabar clips cortos de espectacularidad, o como complemento de otras cámaras de cine digital o de *broadcast*, para grabar escenas de acción. La GoPro Hero 4 Black Edition es una minicámara 4K muy ligera, que puede tener este tipo de uso complementario como cámara de acción. Graba internamente en una tarjeta SD utilizando un códec con mucha compresión y tiene una óptica fija gran angular. Puede resultar muy útil para volar en un dron o lanzarse por un precipicio. O en cualquier situación de riesgo donde no se puede llegar con una cámara profesional.

Arri. Un estándar para cinematografía digital.

Las cámaras Arri tienen una robustez, una colorimetría y un rango dinámico extraordinarios. Muchos directores de fotografía de las grandes producciones de cine a nivel mundial eligen estas cámaras para sus rodajes. Son especialmente reconocidas por sus resultados en los tonos de piel.

Arri ofrece dos tipos de cámaras: la serie **Alexa**, orientada a la cinematografía digital y la **Amira**, para documentales de alta calidad o televisión.

La familia de cámaras Alexa está compuesta por un conjunto de modelos: Alexa 65, Alexa XT, Alexa XT plus, Alexa XT M, Alexa XT Studio y Alexa Mini. Las Alexa clásicas en realidad no llegan a 4K de resolución espacial. En el modo *'open gate'* alcanzan 3,4K. Para entrar en mundo 4K hacen un interpolado en tiempo real en cámara (serie presentada recientemente como Alexa SXT). Es lo mismo que hace la Arri Amira⁸. Solo la nueva Alexa 65 supera ampliamente estos valores de resolución alcanzando los 6K con un sensor más grande.



Familia de cámaras Arri Alexa. Fuente. [Arri](#).

Con las cámaras Arri queda patente que la resolución espacial 4K es solo uno de los factores que entran en juego para incrementar la calidad. Gran parte del cine digital que se ha producido hasta ahora, casi todo de hecho, no se ha grabado en 4K. Y los resultados que se han conseguido con las cámaras Arri son extraordinarios. Para alcanzar estos niveles de calidad fotográfica hay muchos factores que entran en juego que poco tienen que ver con el número de píxeles que componen la imagen.

Las cámaras Amira, por su soporte de hombro y su ergonomía, están pensadas para documentales y televisión. Amira solo graba con códecs de imagen procesada mientras que las Alexa pueden grabar en procesado (ProRes) o en RAW sin compresión (ArriRaw).

⁸ Para conocer con mayor detalle el funcionamiento de este escalado de la resolución en las Arri Amira se puede consultar este artículo publicado en la página web de [Red Shark](#).

El último modelo de Arri, La Alexa 65, es una evolución hacia el 6K con un nuevo sensor más grande, de 65 milímetros. Otros fabricantes, para llegar al 4K han mantenido el tamaño de sensor de Super 35 y aumentado la densidad de píxeles. Sin embargo, Arri ha optado por aumentar el tamaño y la resolución. Este cambio afecta también a la sensibilidad (porque al ser más grande es más sensible a la luz), la forma en la que la imagen se genera y la profundidad de campo (al ser más grande da menos profundidad de campo). Este nuevo sensor requiere también ópticas nuevas, específicas para 65 mm. Tanto Arri, a través de IB/E Optics, como Panavisión y Hawk, han presentado unos nuevos juegos de objetivos de máxima calidad diseñados para este nuevo tamaño de sensor.

La Alexa 65 solo estará disponible en alquiler. Las Amira y las Alexa sí están disponibles para compra, pero la Alexa 65 solo se puede alquilar. Es la misma estrategia comercial de las ópticas de Panavisión.



Cámara Arri Alexa 65. Fuente: [Arri](#)

Red. Pioneros del 4K

Red fueron pioneros cine digital 4K con la Red One en 2007. Son también unos de los protagonistas de la actual democratización del cine digital. Las cámaras eran muy baratas en relación con los precios de la época. Empezaron con muchos problemas de ruido y de colorimetría aunque ahora ya estos problemas los han resuelto. A pesar de ello siguen siendo cámaras ruidosas y poco estables. Tienen la ventaja del tamaño, ya que son pequeñas y son muy convenientes para determinados usos como la *steadycam* o la estereoscopia (que requiere dos cámaras en paralelo en un *Rig*).



Cuerpos de cámara Red Weapon, Epic y Scarlet. Fuente: [Red](#).

Tienen es su oferta cinco modelos de cámaras: Weapon Dragon, Epic Dragon, Epic Mysterium, Scarlet Dragon y Scarlet Mysterium. Todas ellas graban sólo en RAW comprimido, con el códec RedCode Raw que admite distintos niveles de compresión.



Cámara Red Epic Dragon.
Fuente: [Camalot](#)

Sony. Cámaras 4K para toda la gama del mercado.

Sony es el fabricante que más está apostando por el 4K. Tiene cámaras 4K para toda la gama de mercado: cinematografía digital, *broadcast*, cámaras de mano y DSLR.



Cámara Sony F65.
Fuente: [Creative Cow](#)

La Sony F65 es una cámara de cine digital del más alto nivel. Tiene un sensor de super 35 milímetros que graba 8K, aunque el procesado final está pensado para 4K. Ofrece la posibilidad de grabar en RAW comprimido, con el códec SonyRaw. Es una de las cámaras tecnológicamente más avanzadas para cinematografía.



Cámaras Sony F5 y F55.
Fuente: [Newsshooter](#)

Los modelos F55 y F5 son cámaras que se sitúan entre dos mundos: el del cine digital y el de la televisión (series, documentales e incluso directos). Tienen una variedad de códecs muy amplia y permiten grabar en RAW mediante un grabador externo o internamente en 4K en códecs procesados.



Cámara Sony FS7.
Fuente: [Cinedigital.tv](#)

También en una zona intermedia encontramos la Sony FS7, con muy buenas prestaciones como cámara de documentales y televisión. Tiene un sensor Super 35 y alcanza 14 f-stops de rango dinámico. Para la grabación 4K utiliza un códec XAVC que está basado en MPEG-4 AVC (H.264). Para 4K a 25 fps en progresivo da una tasa de transferencias de 250 Mbps.



Cámara Sony HDC-4300.

Fuente: [Sony](#)

Para producción de televisión han presentado en el Nab 2015 la nueva cámara, la HDC-4300, con tres sensores 4K 2/3 pulgada.



Cámara Sony PXWZ100.

Fuente: [Falcofilms](#)

Sony ofrece también un modelo de cámara de mano, la PXWZ100, y en la gama DSLR, la Alfa A7s, una cámara *full frame* con excelentes resultado en bajas condiciones de luz.



Cámara Sony A7s.

Fuente: [Lesnumeriques](#)

Panasonic

Panasonic ha sacado en 2014 la Varicam 35, una cámara de altas prestaciones para cinematografía digital.

Varicam 35 continúa la tradición de anteriores modelos de Panasonic que fueron ampliamente empleados en cinematografía digital con la llegada del HD, gracias a su curva de *gamma* logarítmica y a los suaves tonos de piel.



Cámara Panasonic Varicam 35.

Fuente: [Meditel](#)

La Varicam 35 permite la grabación en códecs internos procesados (familia AVC Intra 4K, 4:4:4) y en un futuro próximo en RAW sin compresión en grabador externo del fabricante inglés Codex. Destaca por su doble ISO nativa (800 y 5000) que facilita el trabajo con alta sensibilidad y bajos niveles de ruido.

Permite además, como en otros fabricantes, la grabación simultánea de varios códecs (*online* y *offline* para edición y *dailies*) lo que simplifica enormemente los flujos de trabajo para edición. A esto se une la posibilidad de emplear *software* externos para corrección de color monitorizada en tiempo real desde la cámara (*live grading*).



Grabador Codex para la cámara Panasonic Varicam 35.

Fuente: [Codex](#).



Cámara AK-UC3000 de Panasonic.

Fuente: [Holdan](#).

En Nab de Las Vegas, Panasonic ha presentado una nueva cámara de estudio 4K: la AK-UC3000, cuya comercialización está prevista durante el 2015, incorpora un sensor capaz de generar una señal Ultra HD de hasta 3840×2160/60p.



Cámara Panasonic LUMIX G Camera DMC-GH4.

Fuente: [bhphotovideo](#).

En DSLR tienen un modelo, la Lumix GH4, muy popular por su precio tan asequible y porque permite grabar internamente en 4K RAW 4:2:2 10 bits con curva de *gamma* pseudo-logarítmica.

Cámaras 4K de Canon

Canon es una marca con mucha tradición, no solamente en fotografía sino también en el mercado de la televisión. Fueron pioneros en 2008, con la EOS 5D, en grabación de vídeo con cámaras fotográficas DSLR de sensor grande de 35 mm *Full frame*.

Para cinematografía digital Canon tienen la cámara C500 que graba 4K en un grabador externo en RAW con el codec CanonRaw. Es un códec sin compresión como el de Arri o Panasonic (cosa que no hace ni Sony ni Red) que pesa muchísimo y requiere mucho espacio de almacenamiento. Este códec tan pesado contrasta con que la cámara es pequeña de tamaño con una ergonomía casi tipo DSLR. Con lo cual no está muy definido el segmento de mercado al que se dirige. Pero tiene prestaciones equivalentes a las mejores cámaras de la cinematografía digital, la colorimetría es muy bonita y el códec super estable.



Cámara Canon EOS C500.

Fuente: [Linkashop](#).

En una gama de producto inferior, pero todavía en la resolución 4K, se sitúa la Canon 1 DC también una excelente cámara con altas prestaciones.

En el Nab 2015, Canon ha presentado dos nuevas cámaras: la C300 Mark II, con 15 f-stops de rango dinámico y un sensor de Super 35 mm y la XC10 una cámara fotográfica que graba vídeo 4K dirigida al mercado de consumo masivo.



Cámara Canon C300 Mark II.
Fuente: [Casanovafoto](#).



Cámara Canon XC10.
Fuente: [bhphotovideo](#)

Blackmagic. Cinematografía digital de bajo presupuesto

Blackmagic se ha incorporado recientemente a la fabricación de cámaras y todavía le falta rodaje en el mundo de la fotografía para cine. Están teniendo muchos problemas de ruido en los sensores y tienen problemas serios de ergonomía en las cámaras. No han incorporado suficientemente las recomendaciones de sus usuarios finales: operadores de cámara y directores de fotografía.



Cámara Blackmagic Ursa.
Fuente: [Hollywoodreporter](#).



Production Camera 4K de Blackmagic.
Fuente: [Abelcine](#).

Tienen varias cámaras que graban en 4K. La URSA y la Production Camera 4K son muy competitivas a nivel de precio, pueden grabar en RAW (con compresión o sin ella) o en ProRes, con curvas de *gamma* logarítmicas y con 14 f-stops de rango dinámico. Por lo tanto resultan muy atractivas para proyectos de cine de bajo presupuesto.

Para finales de junio de 2015 ha anunciado el lanzamiento de una nueva cámara 4K, la Micro Studio Camera. Se trata de una minicámara pensada para producciones en directo en Ultra HD con el conexiónado necesario para un control de cámara de estudio (*standard SDI camera control protocols*).

También han anunciado una nueva versión para la Ursa: la Ursa Mini. Utiliza el mismo sensor y sistemas de procesamiento que la Ursa clásica pero con un tamaño más reducido.



Tabla de cámaras 4K

En la siguiente tabla se recogen las características de las cámaras más habituales en 2015 para producción 4K.

FABRICANTE	MODELO	SENSOR	RES. (MÁX.)	RANGO DINÁMICO	LOG.	RAW	CODEC (MÁX.)	SUBM. (MÁX.)	MÁS INFORMACIÓN
AJA	CION	CMOS APS-C [22,5x 11,9 mm.]	4096 x 2160 120 fps	12 f-stops	Si	Aja Raw via 4x 3G-SDI	ProRes 4444	444	aja.com
ARRI	ALEXA	CMOS Super35 4 perf. (4:3) ARRI ALEV III	4096 x 2636	>14 f-stops	Si	ArriRaw	ProRes	444	arri.com
ARRI	ALEXA 65	CMOS A3X 65 mm. [54,12 x 25,59 mm.]	6560 x 3102 27 fps	>14 f-stops	Si	ArriRaw	ProRes	444	arrirentalgroup
ARRI	AMIRA	CMOS Super35 ARRI ALEV III C	3840 x 2160	>14 f-stops	Si	No	ProRes	444	arri.com
BLACKMAGIC	MICRO STUDIO CAMERA 4K	[13,056 x 7,344 mm]	3840 x 2160 30 fps.		Si				Blackmagic
BLACKMAGIC	PRODUCTION CAMERA 4K	CMOS Super35 [21,12 x 11,88 mm.]	3840 x 2160 30 fps	12 f-stops	Si	CinemaDNG Raw con compresión	ProRes 422 HQ	422	Blackmagic
BLACKMAGIC	URSA	CMOS Super35 [21,12 x 11,88 mm.]	3840 x 2160	12 f-stops	Si	CinemaDNG Raw con compresión	ProRes 422 HQ hasta 800 Mbps.	422	Blackmagic
CANON	EOS 1 DC	CMOS Full frame 35 [36 x 24 mm.] 18,1 Mpix.	4096 x 2160 24 fps		Si		Motion Jpeg	422	canon.es
CANON	EOS C300 MARK II	CMOS Super35 9.84 Mpix	4096 x 2160 59,94 fps	15 f-stops	Si	CanonRaw	XF-AVC; MPEG-4 AVC/ H.264; 410 Mbps.		usa.canon
CANON	EOS C500	CMOS Super35 [diag. 29,9 mm.] 8,85 Mpix.	4096 x 2160 60 fps	12 f-stops a ISO 850	Si	CanonRaw	Motion Jpeg	422	Canon.es
CANON	XC10	CMOS 1.0-inch [diag. 16 mm.] 13.36 Mpix.	3840 x 2160 29,97 fps	12 f-stops	Si		XF-AVC; MPEG-4 AVC/ H.264; 305 Mbps.		usa.canon
GOPRO	HERO 4 BLACK EDITION	CMOS 12 Mpix.	3840 x 2160 30 fps		No	No	H.264; MP4 60 Mbps. (Max.)	420	Gopro.com
JVC	GY-HMQ10U	CMOS 1/2.3" 8,3Mpix.	3840 x 2160 60 fps		No	No	MPEG-4 AVC; H.264 (.MP4) 144 Mbps. (Max)	420	Jvc.com
KINEFINITY	KINEMAX 6K	CMOS super 35	5760 x 3240 25 fps	16 f-stops	Si	KineRaw 12 bits; CinemaDNG sin compresión 12 bits		444	Kinefinity.com

FABRICANTE	MODELO	SENSOR	RES. (MÁX.)	RANGO DINÁMICO	LOG.	RAW	CODEC (MÁX.)	SUBM. (MÁX.)	MÁS INFORMACIÓN
KINEFINITY	KINEMINI 4K	CMOS super 35	4096 x 2160 30 fps	13 f-stops	Si	KineRaw 12 bits; CinemaDNG sin compression 12 bits		444	Kinefinity.com
PANASONIC	AG-DVX200	MOS 4/3"	4096 x 2160 24 fps	12 f-stops	Si	No	MP4; MOV		Panasonic.com
PANASONIC	AK-UC3000	MOS	3840 x 2160 59,94 fps						Pro.av.panasonic.net
PANASONIC	LUMIX G DMC-GH4	MOS [17,3 x 13,0 mm.] 16,05 Mpix.	3840 x 2160 59,94 fps		Si	Raw	MP4; MOV 100 Mbps.		panasonic.com
PANASONIC	VARICAM 35	MOS Super35 8,8 Mpix.	4096 x 2160 120 fps	14 f-stops	Si	12 bits VariCam Raw sin compresión	AVC-ultra 4K on board ProRes 422(HQ)	444	panasonic.es
RED	EPIC DRAGON	CMOS Super35 [diag.31,4 mm.] 19 Mpix.	6144 x 3160 100 fps	>16.5 f-stops	Si	Redcode Raw 12-16 bits		444	Red.com
RED	RED SCARLET	CMOS Super35 [diag.31,4 mm.] 13,8 Mpix.	5120x2700	13.5 f-stops 18 f-stops con HDRx®	Si	Redcode Raw 16 bits		444	red.com
SONY	A7	CMOS Exmor® Full Frame [35,8 x 23,9 mm.] 12,2 Mpix.	3840 x 2160 30 fps	14 f-stops	Si	En grabador externo a través de HDMI	XAVC-S (XAVC consumer)		Sony.es
SONY	F5; F55	CMOS Super35 11,6-8,9 Mpix.	4096 x 2160P 59.94 fps	14 f-stops	Si	SonyRaw 16 bits a través de grabador externo AXS- R5	XAVC (AVC; H.264 alto) 600 Mbps.	422	Sony.es/pro
SONY	F65	CMOS Super35 20 Mpix.	4096 x 3840 60 fps	14 f-stops	Si	F65Raw 16 bits linear Raw	12-bits SR Codec 220 - 880 Mbps.	444	Sony.es/pro
SONY	HDC-4300	3 CMOS de 2/3" y 3 chips							Sony.co.uk
SONY	PWX-FS7	CMOS Super35 8,8 Mpix.	4096 x 2160 60 fps	14 f-stops		12 bits linear Raw	XAVC intra 10 bits 600 Mbps.	422	Pro.sony.com
SONY	PWX-Z100	CMOS 8,8 Mpix.	4960 x 2160 60 fps			No	XAVC intra	422	Sony.es
VISION RESEARCH	PHANTOM FLEX 4K	CMOS Super35 [27,6 x 15,5 mm.]	4096 x 2304 900 fps.	12 f-stops	Si	Cine Raw sin compresión	ProRes	422	Vision research

Fuente: 709 MediaRoom.

Otros enlaces de interés:

4K Camaras comparison 2014

Studiodialy 2014

Grabadores externos

Los sistemas de grabación tienen que ser capaces de soportar los flujos de transferencia del códec que estemos utilizando. El módulo de grabación puede estar integrado en la cámara o ser un grabador independiente, externo a la cámara.

Todos los sistemas de grabación utilizan memoria de estado sólido, ya sean tarjetas o discos. Las diferencias entre unas **tarjetas de memoria** y otras son: capacidad y tasa de transferencia. Es decir, la cantidad de material que puedo grabar y la calidad del códec que puedo utilizar.

Codex es el líder en sistemas de grabación RAW y ha colaborado con los principales fabricantes de cámara gama alta (Arri Alexa, Panasonic Varicam, etc.).

En las cámaras profesionales se utilizan distintos tipos de tarjetas como las C-fast 2.0, SxS Pro, SRMemory, P2, etc.

Para el mercado masivo se suelen utilizar las tarjetas SD, pero difícilmente pueden soportar la tasa de transferencia de un archivo 4K.



Opciones de Arri Alexa para grabación interna: tarjetas codex, SxS y C-fast. Fuente: StudioDaily.

Algunos fabricantes de cámaras están ofreciendo la posibilidad de grabar internamente con dos códecs simultáneamente en dos tarjetas diferentes. El de alta calidad en una tarjeta de estado sólido y en una tarjeta SD unos *proxys* que se pueden utilizar para visionado y montaje *offline*.

Éste es uno los usos que se da a los **grabadores externos**. Se utilizan para grabar el material de alta calidad del *online* o bien para grabar *proxys* de la edición *offline*.

Los grabadores externos son dispositivos que se pueden utilizar para cualquier necesidad de grabación o reproducción tanto en rodaje como en postproducción. En

rodaje en ocasiones se utilizan para monitorización, cuando permiten cargar una LUT⁹, para ver material logarítmico con un preajuste de color y contraste.

Para 4K están disponibles el Odyssey7Q+¹⁰, de Convergent Design y el Shogun4K¹¹ de Atomos. Ambos modelos dan soporte a las distintas cámaras profesionales del mercado y tienen la opción de cargar LUT's para monitorización o para la grabación.



Grabadores externos: Atomos Shogun4K HDMI y Odyssey7Q+

Con algunas cámaras profesionales se utiliza el grabador externo para grabar el códec de edición *online*, ya sea el material RAW o un códec de imagen procesada. Algunos modelos de Arri, la Varicam 35 de Panasonic y la cámara de Canon C500 utilizan este flujo de trabajo. Internamente en la cámara se graba un códec más pequeño (*proxy*) que se utilizará para el montaje *offline*. Recientemente las cámaras Arri han integrado un grabador propio para el material RAW.

Pero también se puede plantear la cuestión a la inversa: el grabador externo se utiliza para grabar el códec de *offline* mientras la cámara graba en el códec de mayor calidad. Por ejemplo las cámaras Red, se graban internamente el RAW.

Con las cámaras DSLR se utiliza el grabador externo para un códec procesado de buena calidad, como puede ser ProRes, que servirá como material definitivo para el montaje *online*. La Sony Afla 7 con un grabador externo permite grabar el material RAW.

Otro uso del grabador externo es 'lutear' la señal. Es decir cargar una LUT que modifique el color y el contraste de la imagen. Si la cámara no ofrece la posibilidad de poner una LUT en las salidas SDI, la imagen puede llegar en logarítmico al grabador externo y en

⁹ Una LUT (*Look Up Table*) es un fichero que contiene parámetros de corrección de color. Se utilizan para hacer cambios de espacios de color, por ejemplo convertir un plano de logarítmico a *gamma* Rec.709. Se puede leer en CineDigital.net una traducción al castellano de un interesante artículo de [Jay Friesen](#).

¹⁰ Odyssey7Q+ Monitor/Recorder: Formatos de grabación 4K: Apple ProRes 422 HQ, 4K/UHD 10-bit YCC 422; 4K-Capable HDMI Input, LUT SUPPORT - ARRI Log-C, CANON C-Log, SONY S-Log, S-Log 2, S-Log 3; Más información en: convergent-design.com y en el portal de Convergent design en [youtube](https://www.youtube.com).

¹¹ Atomos Shogun 4K HDMI Monitor/Recorder: Records 4K (3840x2160) up to 30 fps; ProRes and DNxHD 10-Bit, 4:2:2 Encoding; UHD 4K-Capable HDMI Input-; Rec- 709 Calibrated with 3D LUT Support-; Más información en [DSLR vídeo shooter](#).

el grabador se le asigna una LUT. Esta señal corregida se puede utilizar para la monitorización en el set.

Se pueden utilizar también estos grabadores en postproducción para grabar una señal SDI en tiempo real. Se puede obtener por ejemplo una copia ProRes a partir de la salida SDI de I/O box del ordenador. El inconveniente es que se pierde la precisión del código de tiempo. Solo se graba la señal de vídeo, no los metadatos. Este procedimiento puede servir perfectamente para entrega a cliente de una copia en ProRes o DNxHR.

Postproducción

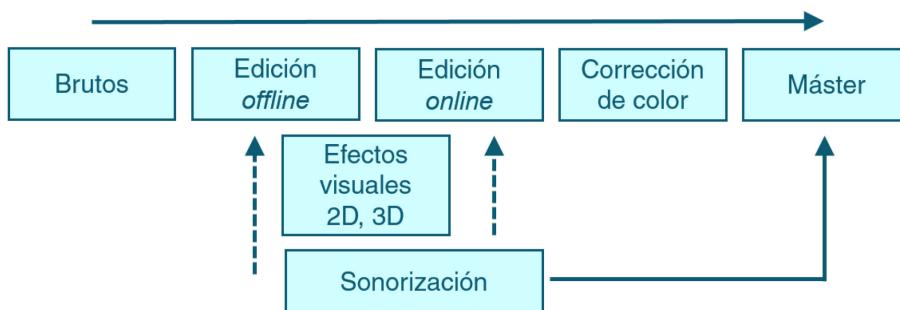
El flujo de trabajo de la postproducción de un proyecto en 4K no es en principio distinto al de uno en HD o en 2K. Cada proyecto requiere un procedimiento singular en función de muchos factores, entre ellos las personas que tienen que realizar el trabajo. Lo más importante es favorecer la creatividad de los técnicos y artistas implicados.

Las etapas de la postproducción audiovisual comienzan por la edición *offline*, donde se toman las decisiones de montaje que afectan a la narrativa. Este trabajo se realiza con copias de baja calidad, que pueden circular sin dificultad por sistemas informáticos de bajo costo, dando así la oportunidad al realizador y al montador de tomar todo el tiempo necesario para el proceso creativo.

Posteriormente se conforma el pre-montaje en el sistema *online*, ya con las imágenes de alta calidad. En esta etapa de la postproducción se incorporan al montaje final los efectos visuales y los elementos gráficos. Es decir, se abordan las tareas de composición digital, que implica la superposición de varias capas para crear una imagen final unitaria. En paralelo se realizarán el trabajo de sonorización y mezclas de sonido.

Para el acabado de la parte visual de la obra se pasa por un proceso de corrección de color y masterización.

En el siguiente gráfico se presenta de forma esquemática el flujo de trabajo genérico para la postproducción de un proyecto audiovisual.



Esquema básico del flujo de trabajo de la postproducción. Fuente: 709 MediaRoom

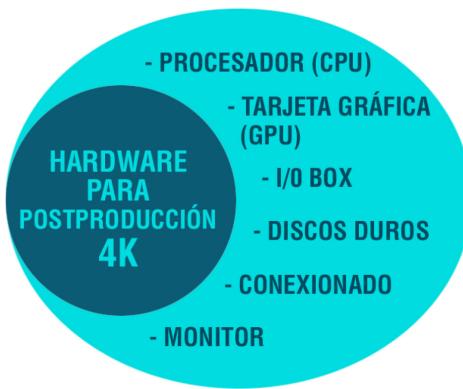
En este apartado se repasan los requisitos de *hardware* y *software* para la postproducción de la parte visual de obra ya que la sonorización no se ve afectada por el aumento de la resolución espacial de la imagen.

Hardware para la postproducción 4K

Como hemos visto en los apartados anteriores en 4K hay una gran diversidad de formatos: imágenes RAW, códecs de imagen procesada a distintos tamaños, con o sin compresión, de cine digital, de televisión, de consumo, etc. Cuando se dice que una máquina de postproducción mueve 4K ¿a qué formato nos estamos refiriendo? Cualquier ordenador puede mover un fichero 4K en H.264 a 4:2:0, pero no todos pueden procesar el material grabado por una cámara de cine digital. Ésta es la primera pregunta que hay que plantear para definir una configuración de postproducción 4K. Con qué tipo de material se va a trabajar.

Dependiendo de los códecs se optará por unas características o por otras. Habrá que potenciar la parte del procesador o de la tarjeta gráfica. Asegurar que los discos, las tarjetas y las conexiones son capaces de soportar los flujos de transferencias que generan los archivos con los que se trabaja. Comprobar que la monitorización del 4K responde al espacio de color y la resolución que requiere el proyecto.

Los competentes críticos del *hardware* de postproducción 4K son: los procesadores, las tarjetas gráficas (GPU), las tarjetas de reproducción y captura (I/O box), los discos duros, el conexionado y los monitores.



Componentes clave del hardware para postproducción 4K.

Equipo informático ¿PC o Mac?

Postproducción en 4K se puede hacer con multitud de máquinas. Tanto en Mac como en PC. Con un i-Mac 5K o con un Mac Pro ('trashcan'), se puede mover 4K con normalidad. Especialmente con un MacPro con una configuración de gama alta: 12 núcleos de procesador y dos tarjetas gráficas GPU. El problema de Mac es la escalabilidad. Si en el futuro aparecen nuevos códigos con otros requisitos de *hardware*, no se podrá escalar el equipo como con un PC, donde se puede cambiar la tarjeta gráfica o incluso el procesador. Ahora bien, si los códigos con los que se va a trabajar los soporta Mac, entonces no hay ningún problema.



MacPro.
Fuente: [Apple](#)

De precio no hay tanta diferencia. Entre un PC de gama alta, que cumpla con los requisitos para 4K y un Mac equivalente, el precio no varía mucho. La diferencia está fuera del equipo. Por ejemplo cuando hay que comprar un raid de discos duros externos conectados por Thunderbold para el Mac. En un PC, se pueden poner los discos dentro de la caja y con un considerable ahorro económico. Si se necesitan 20 TB de discos duros la diferencia es muy relevante. Pero no es tanto una cuestión de dinero como de escalabilidad. Los PC aportan mucha más flexibilidad. Y realmente no se sabe cómo va a evolucionar la tecnología.



Estación de trabajo HP sobre PC preparada para edición 4K.
Fuente: [Panorama audiovisual](#).

Una ventaja de Mac es que los desarrolladores de *software* tienen más facilidad para optimizar los programas para esta plataforma. En el mundo PC hay una gran oferta de procesadores y tarjetas gráficas diferentes y, por lo tanto, el esfuerzo para optimizar el *software* a las distintas configuraciones es mucho más alto. Esto explica la ventaja competitiva tradicional de Apple: las cosas funcionan bien antes y son más estables.



iMac con pantalla retina 5K.

Fuente: [Apple](#)

A la hora de tomar una decisión sobre una plataforma PC o Mac, otro factor a considerar es con qué programas de edición/postproducción se va a trabajar y con qué códecs. Veamos algunos ejemplos que pueden influir en un sentido o en otro:

- FinalCutPro es un *software* de Apple que no tienen versión para PC. Y además, no soporta todavía muchos de los códecs de 4K.
- Los códecs ProRes vienen por defecto instalados en los Mac. Para codificarlos, en un PC, hay que pagar una licencia a Apple (solo para hacer la exportación, no para leerlos). Los códecs de Avid DNxHR sin embargo se pueden instalar libremente en cualquiera de las dos plataformas.

Procesadores y tarjetas gráficas GPU

Generalizando un poco, pero en base a las pruebas realizadas, se puede decir que lo mínimo que se necesita para poder mover 4K son **procesadores** de 12 núcleos (*compute cores*). A partir de unos 24 núcleos, el códec más difícil (el RAW a 6K de las cámaras Red) se reproduce en tiempo real sin problemas.

Los códecs de Red utilizan toda la potencia de los procesadores. Lo hemos observado mirando las pantallas de rendimiento y uso de la CPU al reproducir material RAW de Red: los indicadores de uso de los distintos núcleos del procesador se activan inmediatamente. Sin embargo, haciendo la misma prueba con material RAW de una cámara de Sony, los ventiladores de las tarjetas gráficas GPU (*Graphic Processing Unit*) empiezan a sonar y las pantallas de los núcleos de los procesadores apenas quedan afectadas. Por lo tanto, para trabajar con Red será necesario potenciar el procesador y con Sony las tarjetas gráficas GPU.



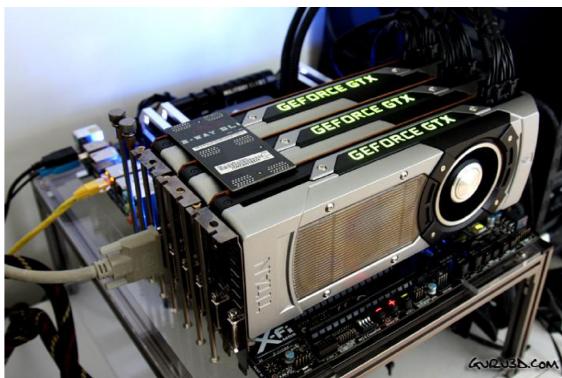
Procesador Intel Xeon.

Fuente: [Azken](#)



Indicadores de uso de la CPU en Windows reproduciendo un códec Raw de Red.

Para las **tarjetas gráficas GPU** hay que verificar si el programa que se va a utilizar es multi-GPU o no. Con DaVinci Resolve, en la versión completa, se pueden utilizar varias tarjetas GPU. Pero la mayoría de los programas (Avid, Premiere) solo ven una. En estos casos será necesario tener la tarjeta más potente que se pueda. Para Quantel o DaVinci que son capaces de trabajar con varias tarjetas será más interesante tener varias GPU de un coste unitario inferior.



Instalación con tres tarjetas GPU NVIDIA GeForce GTX Titan.

Fuente: [Guru3D](http://Guru3D.com)

Dada la creciente mejora de las tarjetas gráficas a costes relativamente bajos, la tendencia en el desarrollo de aplicaciones de postproducción es incorporar la capacidad multi-GPU.

El problema viene cuando se utilizan varios programas en el mismo equipo. Si por ejemplo se usa DaVinci pero también Avid o Premiere, será imprescindible tener por lo menos una tarjeta muy potente: la principal, que funcionará con todos los programas.

Hay algunos equipos que están configurados con una tarjeta gráfica pequeña que actúa como tarjeta principal y varias GPU's más potentes para acelerar los procesos. Con DaVinci esta configuración funcionará muy bien. Pero para los programas que solo ven una tarjeta no sirve, ya que el *software* solo verá la tarjeta pequeña.

En general, lo más estable es tener todas las tarjetas iguales y no hacer mezcla de modelos de tarjeta GPU. Conviene elegir el modelo más potente que se pueda para que los programas que solo vean una tarjeta, vean una buena.

Para 4K están las tarjetas GPU de NVIDIA y de ATI Radeon. Las que más se están utilizando hoy en día son la NVIDIA, a pesar de que ATI tiene tarjetas muy buenas. Pero la tendencia es NVIDIA.



Tarjeta GPU NVIDIA
Quadro K4200.
Fuente: [Nvidia](#)



Tarjeta GPU NVIDIA
GeForce GTX 980.
Fuente: [Nvidia](#)



Tarjeta AMD FirePro™
W9100 Professional
Graphics. Fuente: [ADM](#)

En la siguiente tabla están los enlaces a las páginas comerciales de estos fabricantes de tarjetas gráficas GPU para 4K.

Tarjetas gráficas GPU (<i>Graphic Processing Unit</i>)	
NVIDIA	GTX 980
	Quadro K4200Q
ATI Radeon	AMD FirePro™ W9100

Tarjetas gráficas GPU para 4K.

Hemos realizado una prueba con DaVinci y las tarjetas NVIDIA Quadro K4200Q y GTX 980, poniendo la Quadro como principal y la 980 de procesamiento. El resultado, sorprendentemente, es que tenemos menos rendimiento que poniendo solo la 980. Parece que una penaliza a la otra. Pero poniendo las dos iguales funciona mucho mejor.

Una cuestión importante cuando se hacen pruebas es la monitorización. Si se hacen las pruebas con material 4K pero monitorizando en HD, muchos equipos son capaces de reproducir a 25 fps, pero cuando se saca la señal en 4K, la frecuencia de reproducción baja a 6-8 fps.

Estas pruebas se han realizado con DaVinci Resolve gracias a la colaboración de las empresas [Azken Muga](#), [Tangram Solutions](#), [Zona IV Producciones](#) y [WhyOnSet](#).

Sistemas de almacenamiento. RAID y discos SSD

Con el volumen de datos que se maneja en postproducción, la velocidad de los discos duros del sistema es un factor fundamental. Tanto para soportar el flujo de transferencia que genera la simple reproducción de un archivo 4K como para los procesos de copiado y *render*. Hay dos tecnologías que se utilizan para alcanzar las velocidades necesarias: los discos duros configurados en RAID y los discos duros de estado sólido (SSD).

Cuando se dispone de varios discos se pueden configurar para que el sistema operativo los vea como uno solo. Hay dos tipos de configuración:

- RAID (*Redundant Array of Independent Disks* / conjunto redundante de discos independientes). Es una estructura de discos que optimiza la velocidad de transferencia y gestiona la grabación redundante, es decir, que hace copias de seguridad. La información se escribe en cualquiera de los discos que forman el RAID.
- JBOD (*Just a Bunch of disks* / solo un conjunto de discos). Es una configuración de varios discos que el sistema ve como uno solo. La información se escribirá primero en uno y después en el siguiente. La ventaja de JBOD es que si un disco falla no se pierden todos los datos, solo los del disco afectado. Pero no ofrece los beneficios de aumento de velocidad de la configuración RAID.



Sharkoon 8-Bay Raid Station
USB3.0 - Caja Externa USB.
Fuente: [PC componentes](#)



Disco duro Seagate Barracuda - 2 TB
(Serial ATA III, 3.5").
Fuente: [Anandtech](#)

En una **estructura de RAID** hay muchas ventajas pero la fundamental es el incremento de la tasa de transferencia. Para explicarlo rápidamente, aunque no es completamente exacto, la tasa de transferencia se multiplica por el número de discos que están conectados. Por ejemplo si un disco conectado de forma independiente soporta un flujo de transferencia de 100 MB/s, con 8 discos conectados en una estructura de 'RAID 0' se alcanzarán 800 MB/s de tasa de transferencia¹². Por lo tanto, el aumento de velocidad

¹² En este ejemplo hemos utilizado la unidad de medida MegaByte por segundo (MB/s) que es 8 veces más que Megabit (Mbit/s) por segundo (1B=8b). En teoría cuando se habla de espacio de almacenamiento se utiliza los Bytes (B) y cuando se habla de tasa de transferencia se emplean los bits (b). Pero en la práctica se utilizan ambas unidades de medida indistintamente.



Configuraciones Raid para 4 y 6 discos con conexión thunderbolt de la marca Pegasus.

Fuente: [Videoedicion](#)



Discos duros de estado sólido SSD ScanDisk.

Fuente: [Anandtech](#)



Tarjetas de memoria CFast 2.0 que se pueden utilizar con la cámara Arri Alexa. Fuente: [Arri](#)

es enorme. Los niveles de RAID [0, 1, 2, 3, etc.] aportan distintas configuraciones de las copias redundantes de la información para proporcionar mayor fiabilidad al sistema.

Otra importante innovación que se ha implantado con fuerza es **el disco de estado sólido (SSD solid-state drive)**. Son el presente y el futuro, puesto que multiplican la tasa de transferencia por siete o incluso por ocho en algunos casos. Por ejemplo, para mover códigos de RAW comprimidos en 4K, generalizando, se necesitan unos 700 u 800 MB/s. Esto se puede conseguir con una estructura de RAID de 8 discos. Un RAID de 4 discos, lo más probable es que se quede pequeño, sin embargo un solo disco de estado sólido de 700 MB/s de velocidad puede reproducir sin problemas este tipo de archivos. Aunque no todos los discos de estado sólido alcanzan estos valores. También hay discos SSD más lentos, por ejemplo limitados a 400 MB/s.

Haciendo un RAID de discos de estado sólido se alcanzan velocidades espectaculares. El problema es el precio ya que estos discos son muy caros y tienen menos capacidad que los discos duros convencionales. Para alcanzar una capacidad de 10 o 20 TeraBytes (TB) el coste se dispara.

Los discos de estado sólido se utilizan mucho en los rodajes. **Las tarjetas que utilizan las cámaras** son en realidad este tipo de discos. Permiten a las cámaras la tasa de transferencia que necesitan. Una cámara no necesita mucha capacidad de almacenamiento porque puede ir cambiando las tarjetas cuando se llenan. Los discos SSD son más estables que los discos duros convencionales porque no tienen componentes móviles, no se calientan y por lo tanto son ideales para rodaje. En postproducción es más habitual utilizar configuraciones de discos en RAID.

I/O boxes. Tarjetas de captura y reproducción

Una I/O Box (*input/output box*) o ‘tarjeta de captura y reproducción’, es un elemento de *hardware* con conexiones para entrada y salida de vídeo y audio con calidad profesional. Para vídeo las entradas y salidas más fiables son las SDI (*Serial Digital Interface*).

Puede ser una tarjeta interna o un dispositivo externo. Los ordenadores no vienen con salidas de vídeo SDI porque en el mundo de la informática no se necesitan, pero para trabajar con vídeo profesional es necesario incorporar una tarjeta de este tipo.

Para 4K, las tarjetas más utilizadas en la industria a nivel profesional son las de AJA, las de Bluefish y las de Blackmagic. Las tres son compatibles con la mayoría de los programas profesionales de postproducción de vídeo y corrección de color.



Tarjeta Epoch 4k Neutron de bluefish 4:4:4. Fuente: [Bulcomp](#)



Tarjeta Blackmagic DeckLink 4K Extreme 12G. Fuente: [Blackmagic](#)



Tarjeta AJA para 4K Thunderbolt. Fuente: [Aja](#)

En la siguiente tabla están los vínculos a las páginas comerciales de estos fabricantes de tarjetas de captura y reproducción con capacidad para gestionar una salida de monitor 4K.

Tarjetas de captura y reproducción

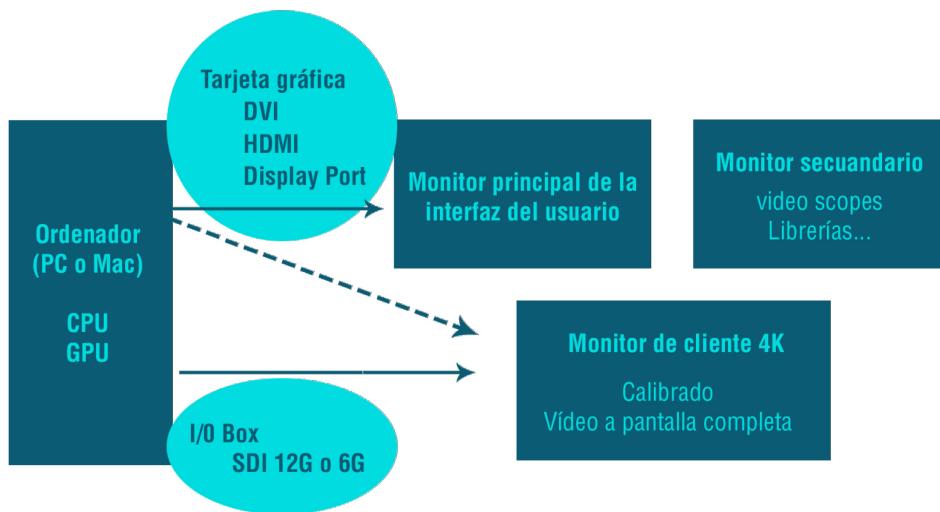
AJA AJA 4K I/O for Thunderbolt™ 2

Bluefish Bluefish 444

Blackmagic DeckLink

Tarjeta de captura y reproducción (I/O box).

En un sistema de postproducción o corrección de color tenemos que diferenciar las salidas de la tarjeta gráfica que proporcionan la señal para los monitores del interfaz de usuario de la salida de vídeo de la *I/O box* en la cual vemos la calidad final de nuestro trabajo. Es decir, la salida de vídeo que enviamos al 'monitor de cliente'.



Conexionado de los monitores de la interfaz de usuario y el monitor de cliente.
 Fuente: 709 MediaRoom.

En el **monitor de cliente** se ve la imagen con toda su resolución y es el monitor de referencia que está calibrado. Se conecta a la *I/O box* que proporciona una salida de vídeo a pantalla completa y muestra el resultado final tal y como lo verá el espectador.

En las *I/O boxes* hay que tener en cuenta tres cuestiones:

- Tamaño de fotograma (resolución espacial)
- Frecuencia (resolución temporal)
- Tipo de conexionado
- Muestreo y profundidad de color

En cuanto al tamaño del fotograma tenemos que comprobar si la salida de la I/O Box nos ofrece el 4K de DCI o el de la televisión Ultra HD. Hay muchos conectores como el HDMI que solo llegan al 4K de Ultra HD (3840x2160). Con lo cual no se podrá monitorizar 4K DCI (4096x2160).

Otro aspecto fundamental es el número de fotogramas por segundo que puedan reproducir. En 4K se trabaja con resoluciones temporales superiores, como por ejemplo 48 fps, 50 fps o 60 fps. Estas velocidades no las soportan todas las tarjetas ni todos los sistemas de conexión. Por ejemplo, una tarjeta puede tener una salida por SDI que llegue a 4K DCI hasta 25 fps, pero no podrá mostrar un material a 50 o 60 fps.

En relación con el conexiónado, estas tarjetas ofrecen salidas SDI, DVI, HDMI, Display Port o Thunderbold. Cada una de estas conexiones tendrá unas características y unos límites de tasa de transferencia que habrá que analizar detenidamente. En el siguiente apartado están las tablas que detallan la capacidad de cada conector.

Para configurar un sistema de postproducción preparado para 4K es muy importante asegurarse de que el conexiónado de salida de la I/O box y la entrada del monitor utilizan la misma norma y son plenamente compatibles.

También es necesario verificar la profundidad de color (8, 10, 12 bits), el tipo de señal (RGB o componentes (YUV/ Y,Pb,Pr), y si se emplea el submuestreo de color (4:4:4; 4:2:2; 4:2:0).



Sala de postproducción en 4K con un monitor de cliente 4K.
Fuente: [Nonlinearpost](#).



Sala de postproducción con proyector 4K para corrección de color para cine digital. Fuente: [Zona IV](#).

Conexionado

El conexionado es un elemento a considerar detenidamente para que no se convierta en un cuello de botella. Que los conectores no sean los adecuados afectará al tiempo que se tarda en hacer una copia o un *render*, que en 4K es cuatro veces más que en HD. Pero también para una simple reproducción de un archivo RAW en 4K se necesita alcanzar una tasa de transferencia muy alta y los conectores tienen que ser capaces de soportarla.

Esto hay que unirlo a lo que ya se ha comentado de la velocidad de los discos. Un único disco duro conectado por Thunderbold seguirá siendo lento a pesar de utilizar un conexionado de alta velocidad. Porque el disco es lento. En el sentido contrario, un RAID 0 de ocho discos, si está conectado por USB 2.0 será lento porque el conexionado no soporta la velocidad que puede alcanzar el sistema de almacenamiento.

Los conectores para datos más rápidos que soportan los flujos de transferencia del 4K son Thunderbolt, SAS, USB3 y SATA.



Conectores Thunderbolt., SAS, eSATA y USB 3 / Micro USB 3

En la siguiente tabla se pueden ver las distintas versiones de estos conectores y la velocidad máxima de transferencia son capaces de alcanzar.

	Versión	Velocidad máxima	Vínculo a wikipedia
USB 3	V.3.0	4,8 Gbit/s (0,62 GB/s)	Universal Serial Bus (USB)
	V 3.1	10 Gbit/s (1.25 GB/s)	
SAS	SAS 300	3 Gbit/s (0,37 GB/s)	Serial attached SCSI (SAS)
	SAS 600	6 Gbit/s (0,75 GB/s)	
Thunderbolt		12 Gbit/s (1,5 GB/s)	
	V1	10 Gbit/s (1,25 GB/s)	
	V.2	20 Gbit/s (2,5 GB/s)	Thunderbolt (interface)
SATA	V.3	40 Gbit/s (5 GB/s)	
	I	1,5 Gbit/s (0,150 GB/s)	
	II	3 Gbit/s (0,300 GB/s)	Serial ATA (SATA)
	III	6 Gbit/s (0,600 GB/s)	

Conectores de datos. Fuente: [709 MediaRoom](#)

Los monitores del interfaz de usuario se conectarán a la tarjeta gráfica principal del sistema. El monitor de cliente puede ir conectado también a esa tarjeta (la GPU) o bien a la tarjeta de reproducción y captura (la *I/O Box*). Dependiendo de los programas utilizarán las salidas de una u otra. Por ejemplo, Assimilate Scratch utiliza las salidas de la tarjeta gráfica y DaVinci Resolve las de la I/O Box.

Los **conectores para monitorado** que soportan 4K son SDI, HDMI y Display Port. Cada uno de ellos tiene distintas versiones que se diferencian en su tasa de transferencia y por lo tanto en el tipo de señal que pueden transportar.



Conector HDMI, Display Port y BNC (para SDI)

	Versión	Tasa de transferencia en Gbit/s	Ejemplo de formatos de vídeo
HDMI	1,4	8,16 Gbit/s	4096×2160 (24 fps) 3840×2160 (30 fps)
	2.0	18 Gbit/s	4096x2160 (50/60)
Display port	1.2	17,28 Gbit/s	3840×2160 (60 fps)
	1.3	32,4 Gbit/s	7680×4320 (60 fps) 4:2:0 4K; 60 fps; 30-bit; 4:4:4
SDI		3G SDI	3 Gbit/s
	6G Ultra HD-SDI	6 Gbit/s	1920x1080
	12G Ultra HD-SDI	12 Gbit/s	3840×2160 (30 fps)

Conectores para monitores en 4K. Fuente: *709 MediaRoom*.

Para el conexionado por SDI del 4K se utiliza una tecnología que divide la señal en dos o cuatro cables. De esta forma se consigue alcanzar los flujos de transferencia que requiere la producción profesional en 4K. A través de un 12G-SDI puede viajar por un solo cable una señal 4K, pero si el conexionado es 6G-SDI necesitaremos 2 cables (*dual link*) y si es 3G-SDI serán necesarios 4 cables (*quad link*).

Lo más habitual a día de hoy, tanto en cámaras como en monitores para 4K, es el '**Quad SDI**'. En la siguiente imagen se puede ver el módulo de salida SDI de una cámara RED que utiliza 4 cables de 3G-SDI.



Módulo de salida SDI para cámaras RED a través de cuatro cables BNC de 3G-SDI.
Fuente: *Red*.

Monitores

En monitorización 4K, podemos diferenciar las pantallas de ordenador, los monitores profesionales *broadcast*, los televisores y los proyectores. La oferta es todavía limitada y no siempre se encuentran las prestaciones profesionales que cabría esperar a un precio asequible. Los monitores de vídeo profesionales tienen un coste muy elevado y los televisores del mercado de consumo no cumplen las expectativas: entradas SDI, capacidad de seleccionar distintos espacios de color, opciones de calibrado, etc.

En la monitorización 4K entran en juego 3 factores fundamentales:

- Resolución. El monitor tiene que ser capaz de presentar de forma fiable todos los píxeles del material original con las distintas relaciones de aspecto del 4K.
- Espacios de color. Tiene que ser capaz de trabajar en los distintos espacios de color normalizados para la producción audiovisual: BT-709, DCI-P3, BT-2020 y ACES. Esto a día de hoy no se cumple todavía puesto que ACES y BT-2020 están en una fase inicial.
- Tamaño de representación, es decir, tamaño de la pantalla. Para corrección de color se utilizarán monitores cuando se trabaja para televisión y proyectores cuando se trabaja para cine. De esta forma se trabaja en unas condiciones de visionado similares a las que se encontrará el usuario final.

Los monitores de ordenador también participan de la carrera del aumento de la resolución y el tamaño de las pantallas. Pero un monitor de ordenador de 4K puede ser incómodo para trabajar porque las interfaces de los programas y los sistemas operativos no están todavía bien adaptados a esta nueva resolución. Los iconos y las tipografías se ven muy pequeños si el monitor no es muy grande. Por otra parte, el ratón tiene que tener una configuración muy rápida y sensible para poder desplazarse por toda la superficie de la pantalla.



Monitor de ordenador 4K de LG.
Fuente: [LG](#)

Apple tiene el i-Mac con pantalla Retina 5K de 27". A un Mac Pro o a un PC se le pueden conectar monitores 4K. En la web de Apple recomiendan los siguientes modelos que se conectan por display port y que por lo tanto también serán compatibles con PC¹³.

Monitores de ordenador 4K / Ultra HD TV		
Sharp	PN K321	sharp-world.com
ASUS	PQ321Q	asus.com
Dell	UP2414Q	hdell.com/dell-up2414q
	UP3214Q	dell.com/dell-up3214q
Panasonic	TC L65WT600	panasonic.com
LG	31MU97	lg.com

Un **monitor profesional de vídeo**, o un monitor *broadcast*, es un equipo que tiene entrada de vídeo SDI y que permite seleccionar el espacio de color en el que se quiere trabajar. Todavía hay muy poca oferta para este tipo de monitores y son muy caros.

Hay un equipo de Canon que soporta el gamut de color BT-2020 completo: el monitor DP-V3010 grado 1 de 30 pulgadas. Cuesta unos 35.000 euros. Hay también un Sony, el Trimaster PVM-X300, que aunque no llegue a cubrir entero el gamut BT-2020, es un monitor de alta calidad.



Monitor profesional 4K Canon DP-V3010.
Fuente: [Canon](#).



Monitor profesional 4K Sony Trimaster PVM-X300. Fuente: [Sony](#).

Para los espacios de color DCI-P3 y BT-709 hay monitores de vídeo profesionales a precios más asequible en Sony, NEC y otros fabricantes.

¹³ Se puede consultar una revisión de todos estos equipos en el siguiente vínculo: [Mac Pro monitor review: The best 4K & UHD monitors for Mac](#).

En la siguiente tabla hemos puesto vínculos a las páginas comerciales de estas primeras referencias.

Monitores profesionales de vídeo

Canon	DP-V3010	Canon.es
Sony	Trimaster PVM-X300	Sony.es
NEC	PA-SV2	Nec display solution Panorama audiovisual

En el Nab 2015 Canon ha presentado un nuevo monitor 4K portátil que se puede adaptar a cualquier espacio de color y cargar LUT's. Una herramienta fundamental para un rodaje ya que permite ver todo el rango dinámico de las imágenes que se están produciendo.



Monitor profesional portátil 24" de Canon DP-V2410. Fuente: Digital AV.

Los **televisores 4K** que se están comercializando en el mercado de consumo masivo no están pensados para la monitorización profesional. Lo mismo ocurre con los **proyectores** de cine de la gama *prosumer*. No obstante, son la única opción posible para presupuestos un poco más ajustados.



Proyector 4K Sony VPL-VW500ES para home cinema. Fuente: Sony

Sistemas de archivo

Una vez terminada la postproducción se plantea el problema de guardar el máster en un formato seguro, de alta calidad y que soporte el paso del tiempo. Ésta es la última fase de la cadena de producción.

Éste es un tema de gran interés para filmotecas, grandes cadenas de televisión, productoras o cualquier organización que tenga la responsabilidad de preservar el material audiovisual para el futuro. Y no solo en la industria audiovisual sino para todos los contenidos digitales de la sociedad del conocimiento. El problema del 4K es que los archivos ocupan cuatro veces más espacio de almacenamiento. Éste es un tema muy serio ¿dónde se van a meter todos los datos que están generando las industrias audiovisuales?



Lector grabador HP para LTO-4.
Fuente: [HP](#)



Cinta LTO-4 de HP. Fuente: [HP](#)



Equipo y disco Sony de ODA -Optical Disc Archive-. Fuente: [Sony](#)

Existen distintas propuestas. Distintas soluciones tecnológicas cada una con ventajas e inconvenientes. Vamos a comentar los sistemas de cinta LTO, la tecnología de Sony de discos ópticos 'Sony ODA' y el almacenamiento en discos duros.

Las cintas '**Linear Tape-Open**' (LTO) es el sistema más económico pero tiene poca retro-compatibilidad. Es decir, que los nuevos sistemas de LTO no son capaces de reproducir las cintas grabadas con los estándares anteriores. Por lo tanto, es un sistema que se puede quedar obsoleto muy rápidamente y no parece idóneo para el archivo a largo plazo.

Sony está intentando establecer su sistema '**Optical Disc Archive**' (ODA) como el estándar. Ha promovido para esta tecnología una norma SMPTE y hay varios fabricantes adscritos. Que sea un estándar y no una solución propietaria proporciona cierta estabilidad. El precio es más alto que las cintas LTO y similar al almacenamiento en discos duros. En la información comercial de SONY hacen una "estimación de vida útil del archivo de más de 50 años para todos los ficheros de datos".

El **almacenamiento en disco duro** es muy inestable. Los discos si no se mueven, se estropean. No se pueden dejar almacenados indefinidamente, hay que encenderlos regularmente. Por otra parte, los discos duros están muy condicionados por los conectores. Ahora por ejemplo, hay discos conectados por 'thunderbold'. ¿Pero cuántos años va durar este estándar de conector?

Libnova es una empresa española que ofrece un sistema de almacenamiento masivo a largo plazo en discos duros. El producto se llama Libdata, es completamente escalable y utilizan tecnología orientada a asegurar la preservación.

Para grandes archivos, cambiar de sistema de almacenamiento, es decir, copiarlo todo de un soporte a otro, es un enorme problema. Por eso es necesario encontrar un sistema que sea un estándar. Hasta ahora la preservación del patrimonio audiovisual se ha servido de la película fotoquímica, pero aún está por determinar cuál será el equivalente para la era de la ultra alta definición.



Sistema de almacenamiento masivo en discos duros de Libdata. Fuente: [Libnova](#)

Software para la postproducción 4K

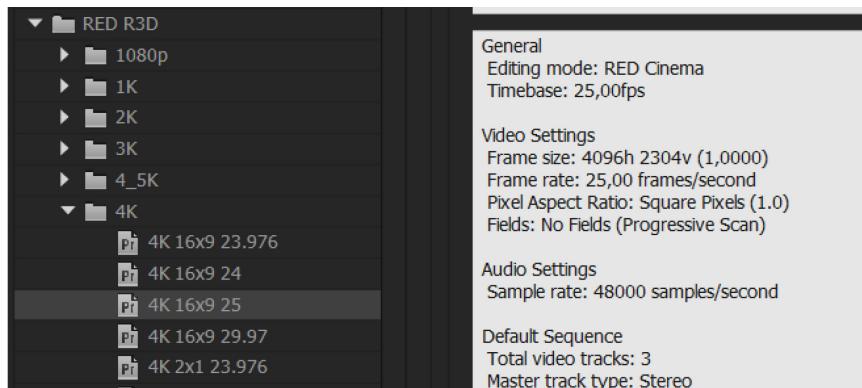
Casi todos los programas profesionales de edición y postproducción pueden trabajar en 4K. Es necesario comprobar que los códecs están soportados por cada uno de los sistemas, pero en principio, con un *hardware* adecuado, se puede crear y editar un proyecto en 4K.

Para conseguirlo los programas juegan con dos estrategias que se pueden combinar entre sí.

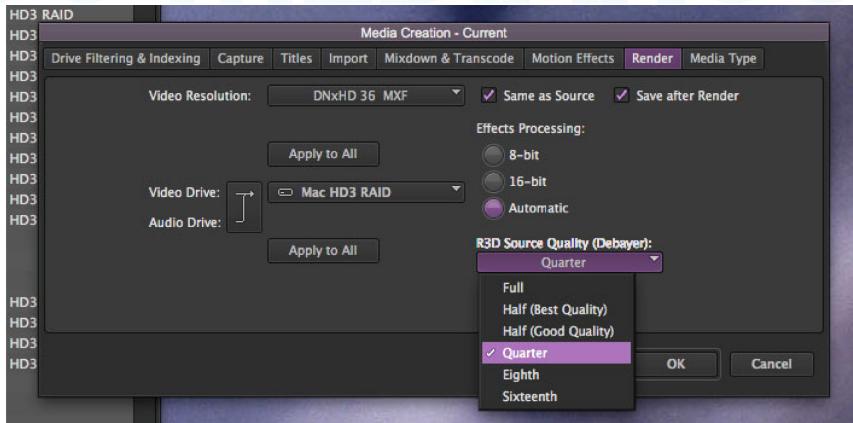
- Bajar la calidad de la monitorización. Si el monitor que está conectado al sistema es HD, no es preciso mostrar toda la resolución del material. No se verá el 4K pero el equipo irá mucho más ligero.
- Trabajar con un '*proxy*'. Es decir, hacer una transcodificación de calidad más baja para los previos. De nuevo, la mayoría de los programas hacen un *proxy* en HD.

Con estos dos parámetros unidos, en montaje estaremos trabajando con un *proxy* HD y viendo el resultado en un monitor, también en HD. Solamente se utiliza la potencia del 4K en el momento de hacer el *render* para la codificación del máster. Como la gran mayoría de los monitores no son 4K, tampoco hay una merma de calidad de trabajo, puesto que no se puede ver toda la resolución espacial del 4K.

De esta forma es normal que los programas de edición de vídeo no tengan dificultades para soportar una línea de tiempo 4K, porque en realidad están operando en una calidad más baja. Esto ocurre no solamente con los programas para la edición *offline* sino también en *online* y corrección de color.



Creación de una nueva secuencia en 4K con los códecs de RED en Premiere Pro CC 2014.



Ajustes de Avid para generar Proxy's a partir de material 4K. Fuente: [Digitalfilms](#).

Los programas de composición o corrección de color, cuando se empiezan a multiplicar el número de capas y efectos en un plano, no pueden mostrarlo todo en tiempo real. Es necesario codificar 'previos' para poder ver el resultado. Los programas profesionales permiten configurar la calidad de esos previos o 'proxys de resolución' para que se puedan utilizar como referencia. Cuando sea necesario se harán los *render* en alta calidad para comprobar los resultados reales. Se pueden configurar con distintos parámetros de calidad y tamaño para que sean fiables desde el punto de vista del color o de la resolución.

Cuando el sistema tiene una tarjeta de salida 4K para el monitor de cliente y se hace una monitorización de referencia con toda la calidad aparecen con muchas dificultades. Los altos flujos de transferencia que se generan son difíciles de manejar.

Nuestra experiencia con DaVinci Resolve, en un PC de nivel intermedio-alto, con una salida 4K Ultra HD dirigida a un proyector 4K es bastante negativa. Para que DaVinci funcionara con fluidez fue necesario bajar la monitorización a HD. Solamente en momentos puntuales se cambió la monitorización a resolución plena para hacer comprobaciones, pero el día a día de la corrección de color se realizó con monitorización HD.

Con estas estrategias se consigue que la postproducción en 4K no sea tan cara. Aunque no sean procedimientos ideales, hay muchas maneras para permitir que con un equipo sencillo y una inversión razonable, se pueda abordar la postproducción de un proyecto 4K.

Programas de edición de vídeo

Los programas de edición permiten generar un proyecto en 4K e internamente pueden trabajar o bien con el material en alta calidad o con *proxys*, códecs de intermediación a tamaños inferiores.

Los sistemas de edición más extendidos son Premiere, Avid y FinalCutPro.



Logotipos de Premiere, Avid y Final Cut.

La política de Adobe con **Premiere** ha sido siempre la de vincularse al material original, como los programas de edición *online*. Pero ahora está cambiando por dos cosas: primero porque han cogido como códec de intermediación el Cineform y segundo, porque han empezado a colaborar con Avid. A partir de ahora la plataforma de Adobe va a utilizar los sistemas de almacenamiento compartido de Avid, famosos por su estabilidad¹⁴. Con este acuerdo, Avid podrá incrementar sus ventas de *hardware* y Adobe gana en prestaciones profesionales para grandes instalaciones. Actualmente el modelo de negocio de Adobe está centrado en su estrategia de comercialización por suscripción de su paquete 'Creative Cloud'. De esta forma, es un buen acuerdo para ambas partes: Avid incrementará sus ventas de *hardware* y Premiere podrá utilizar los códecs de intermediación de Avid para 4K, los DNxHR. Premiere tiene una interfaz de usuario muy buena, mucha implantación en el mercado y está integrada en un paquete de aplicaciones que cubre todas las tareas de la postproducción: gráfica, sonido, composición etc.



Interfaz de Premiere Pro.
Fuente: [Creative Cow](#).

¹⁴ Para más información sobre el acuerdo entre Avid y Adobe se puede consultar la nota de prensa en la web de [Avid](#).

Final Cut Pro es de Apple e intermedia en ProRes. Ésta es su ventaja competitiva aunque los DNxHR de Avid son tan buenos o mejores que los ProRes. Una limitación de Final Cut es que no se puede instalar en un PC y no soporta muchos de los códecs de cámara: ni Sonyraw, ni Canonraw, ni CinemaDNG, etc. El cambio de interfaz que hicieron hace años con la versión 10, no resultó muy popular y les hizo perder cierto volumen de usuarios, a pesar de ser una buena interfaz para ciertos usos.



Interfaz de Final Cut Pro.

Fuente: [Apple](#).

Avid tiene una fuerte implantación en el sector profesional. Su fuerte está más en los sistemas de almacenamiento y los códecs de intermediación que en la interfaz de usuario, poco popular hoy en día.



Sistema de edición AVID. Fuente: [Avid](#)

Programas de composición y efectos visuales (VFX)

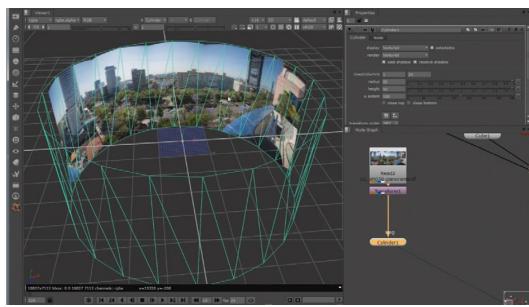
Con los programas de composición y de efectos visuales, como norma general, no se trabaja en calidad *offline*. Se utiliza el material con la máxima calidad posible.

Para presentar los previos en el monitor de cliente, lo que hacen muchas veces los programas de composición es hacer una caché en RAM. En lugar de hacer un archivo de media para los previos con un códec de intermediación, lo hacen a nivel de RAM. Es decir, cargan en RAM los fotogramas de la secuencia y se lanza desde allí la reproducción. De esta forma siempre se puede monitorizar el material con toda su calidad. La limitación de esta técnica es que no se puede reproducir de forma continuada toda la línea de tiempo. Pero para secuencias de pocos segundos funciona perfectamente. Se configuran las características del previo que se quiere hacer, se cargan los fotogramas en RAM y se lanza la reproducción. Es la misma dinámica que los *renders* de previo en los programas de 3D.



Interfaz de After effect. Fuente: [Geniusdv](#)

After effects, de Adobe, es el estándar en cuanto a composición por capas en línea de tiempo y está muy extendido para animaciones de *Motion Graphics*. Aunque hay gente que hace en After trabajos de composición muy complejos y en alta calidad. Tiene como punto fuerte la facilidad de vinculación con el sistema de edición Premiere y los demás programas del paquete de Adobe a través del *Dynamic Link*.



Interfaz de Nuke. Fuente: [Fexphd](#)

Nuke, de The Foundry, es el estándar en composición por nodos y efectos visuales para cine. Siendo reduccionistas, After estaría más vinculado al mundo de la televisión y Nuke al del cine.



Mamba FX, el sistema de composición de SGO.

Mamba es la apuesta de SGO para composición nodal. Entra en competencia directa con Nuke pero a un precio mucho más bajo.



Fusión, el sistema de composición de Blackmagic. Fuente: [Blackmagic](#)

Fusión, de Blackmagic, es otro programa de composición nodal que entra en competencia con Nuke. Al igual que con DaVinci, Blackmagic ha empezado a distribuir una versión gratuita, con lo cual es probable que se extienda rápidamente su uso. En el Nab 2015 anunciaron su versión en Mac OS.



Flame, el sistema de composición de Autodesk. Fuente: [Autodesk](#)

Flame, de Autodesk, es también un sistema de composición nodal muy vinculado al mundo publicitario.

Programas de 3D (CGI)

La creación de imágenes con programas de 3D (CGI, *Computer Graphic Imagery*) es un mundo aparte. Para este tipo de programas la resolución 4K es un factor que aplica en el momento de hacer el *render*, es decir, la exportación a vídeo. A mayor resolución espacial más tiempo de *render* para generar el material.

Los flujos de trabajo para las imágenes 3D han evolucionado para evitar hacer de una sola vez todos los procesos *render* en favor de los que se ha llamado *multi-pass render*. Con esta técnica los sistemas de 3D generan archivos separados de las distintas capas que conforman un objeto: formas, texturas, luces, sombras, reflexiones, máscaras, etc. La integración final de todas estas capas se hace en los sistemas de composición. Este procedimiento permite ajustar minuciosamente la integración de los elementos 3D en el sistema de edición *online* o en el de corrección de color.

Los programas de Autodesk, **Maya**, **3D Max** o **Flame**, están muy extendidos para cine y televisión. Maya es el programa más utilizado para efectos visuales cinematográficos y 3D Max está dirigido a un grupo más amplio de usuarios.

Cinema 4D, de Maxon, se ha posicionado en los últimos años para *Motion Graphics* y televisión.



Creación de personajes para Grimm por Hive-FX. Fuente: [Renderosity](#)

Procesos finales y corrección de color

Los programas de corrección de color y de procesos finales (*finishing*) son sistemas de edición *online* que trabajan con el códec nativo de cámara o el material RAW, para poder extraer los máximos niveles de calidad. Recibirán también para su integración final los materiales que se hayan generado en el departamento de efectos visuales y gráficos 3D. Si se utilizan códecs de intermediación se elegirán los más altos de los disponibles.

Por lo tanto, también se darán situaciones en la que no se pueda reproducir el material en tiempo real, precisamente por el gran tamaño de los formatos que se utilizan. En estos casos se utilizará la misma estrategia que en los sistemas de edición *offline*: se realizarán cuando sea necesario transcodificaciones de referencia para previos en una calidad inferior que nos permitirá una reproducción fluida de la continuidad de las secuencias. La monitorización en calidad plena se hará con fragmentos cortos.

Para conseguir mayor fluidez en el sistema es habitual trabajar en 4K pero monitorizando en HD. La monitorización es uno de los cuellos de botella del 4K: a día de hoy (junio 2015) los monitores profesionales 4K son demasiado caros y los televisores 4K que venden para el mercado doméstico no son fiables. Parece preferible un buen monitor profesional HD bien calibrado que un televisor o monitor de ordenador 4K.



Estación de trabajo DaVinci Resolve.
Fuente: [Blackmagic](#)

DaVinci Resolve, de Blackmagic, es uno de los programas para corrección de color más utilizados. Están centrando sus esfuerzos en mejorar las herramientas de edición para acercarse al modelo de los programas de procesos finales (*finishing*), a pesar de que su posicionamiento inicial es la corrección de color y la masterización. También se utiliza cada vez más para la corrección de color en el *set* de grabación ya que soporta prácticamente todos los códecs de cámara. Uno de los motivos de su fuerte implantación es que ofrecen una versión gratuita, la versión Lite, que tiene casi todas las funcionalidades de la versión de pago.

Lamentablemente Blackmagic está desarrollando poco las herramientas de color de Resolve. Por ejemplo, no ofrecen todavía un buen soporte para ACES en etalonaje. **Mistiká**, de SGO, y **Baselight**, de FilmLight, sin embargo son más potentes en la gestión del color que DaVinci. Para trabajar en el espacio de color ACES están mucho más avanzados.



*Sistema de Postproducción
Mistiká de SGO. Fuente:
Panorama Audiovisual.*

SGO es una empresa española que ha conseguido posicionarse en el mercado mundial con Mistiká. La lista de grandes producciones de Hollywood que han utilizado este sistema es impresionante. Uno de los puntos fuertes que ha ayudado a su implantación es que es la mejor herramienta del mundo para postproducción en 3D estereoscópico. Esta ventaja competitiva ha hecho que muchas producciones muy importantes hayan elegido Mistiká como programa de edición *online*, corrección de color y masterización.

Baselight por su parte es una de las mejores herramientas de corrección de color/etalonaje, con un elegante y complejo sistema de gestión de color. Cuenta con estación independiente de distintos niveles y plugins para Avid Media Composer, Final Cut Pro 7 y Nuke.



Consola para corrección de color con Baselight. Fuente: FilmLight

709 MEDIAROOM



Sistema Baselight de corrección de color de cine en 4K en Forestt Studios, Beijing.
Fuente: [Filmlight](#)

Pablo Rio, de Quantel, soporta 4K a 60p y se utiliza tanto para color, como para integración final y masterización. Quantel es una marca excelente con mucha tradición de estar en vanguardia tecnológica en este sector, pero los precios de sus equipos son muy elevados y su implantación en mercado, por lo menos en España, es muy baja.



El colorista Ian Vertovec trabajando con un sistema Pablo Rio de Quantel.
Fuente: [Light Iron](#)

Conclusiones sobre la migración a la ultra alta definición y cine 4K

La migración a la televisión de ultra alta definición y al cine digital 4K no es solo una cuestión de aumentar la resolución espacial. Debe traer también un espacio de color más amplio, un aumento del rango dinámico (HDR) y de la frecuencia de fotogramas (HFR). Todos estos avances tienen que estar dirigidos a que aumente la sensación de calidad y a potenciar el componente artístico de las obras.

Desde el punto de vista técnico el espacio de color que se ha implantado para el cine digital, el DCI-P3, no es suficiente. Tiene un gamut muy reducido, parecido al BT-709 de la televisión HD, y muy inferior al del cine fotoquímico. En ese sentido el paso de la película al digital ha sido un retroceso. Aún es necesario un nuevo desarrollo tecnológico con un gamut más amplio y una relación de contraste mayor para superar al positivo cinematográfico. Ya se está hablando de hacer una nueva norma DCI 2.0. La actual, la 1.0, tiene limitaciones muy grandes de relaciones de aspecto y frecuencias de fotogramas. Por ejemplo, no está contemplado el formato 4:3. Tampoco la proyección a 16 fps. Las filmotecas tienen muchísimo material de estas características y la norma no las contempla. Estas incorporaciones a la norma se pueden sumar a las cuestiones del rango dinámico y el espacio de color.

Para la radiodifusión televisiva está definido el espacio de color BT-2020 que supone un importante avance. Pero las pantallas 4K que se están comercializando no lo han implementado todavía y aún está pendiente la normalización del rango dinámico.

El salto tecnológico también implica un aumento de la frecuencia de fotogramas por segundo. Con las frecuencias más altas se obtienen imágenes más nítidas y un movimiento más suave. Esto es especialmente relevante teniendo en cuenta que el incremento de resolución espacial permite ampliar el tamaño de las pantallas y reducir la distancia de visionado.

Un estudio reciente de la BBC sobre las condiciones de visionado de la televisión en el Reino Unido ([Noland & Truong, 2015](#)) analiza la sensación de calidad en relación con el tamaño de la pantalla y con la distancia a la que se sitúa en el espectador. A una distancia de 2 o 3 metros con un televisor de 40" o 50" la diferencia de resolución espacial entre HD y Ultra HD no es muy apreciable por una cuestión fisiológica de agudeza visual. El 4K será muy notorio en pantallas gigantes cuando el espectador se sitúe muy cerca, como por ejemplo con una pantalla de 100 pulgadas observada a una distancia de 2 metros. Pero ésta no es una situación habitual en los hogares.

Y no es solo cuestión de tamaño y resolución. También es preciso una nueva generación de pantallas más brillantes, con capacidad para representar el contraste y el color con mayor fidelidad.



Pantalla de 110 pulgadas de Samsung. Fuente: [Homecinema Magazine](#).

No obstante, la implantación de la televisión de ultra alta definición y el cine 4K está en marcha con paso firme:

- La parte de la producción está muy avanzada como hemos visto con las características de las nuevas cámaras, los procesadores y los grabadores digitales.
- Para la difusión existe la norma HEVC que funciona correctamente para televisión vía satélite o cable y para la difusión por internet.
- Ya se está comercializando una primera generación de televisores 4K para los hogares.

Este último aspecto, el de las pantallas, es el más crítico. Para que los usuarios se decidan a invertir en un televisor nuevo, la industria tiene que ofrecer un valor añadido claro. No parece que la Ultra HD a 4:2:0, 8 bits con el espacio de color de la norma BT-709 cumpla este requisito. Las estrategias de marketing de los fabricantes de pantallas marcarán los ritmos de implantación de las nuevas prestaciones técnicas.

El proceso de migración se puede alargar muchos años. Las experiencias de las transiciones anteriores así lo indican. La definición de las normas de televisión digital se gestaron a principios de los años 90 y la sustitución se completó en Europa en 2012, es decir, 20 años después. Y el paso de la televisión analógica a la digital contó con una fuerte mediación de los Estados que necesitaban completar el cambio para liberar espectro de radiodifusión.

También identificamos una dificultad con los catálogos de contenidos. Todo el material que se difunde hoy en día está producido en el espacio de color BT-709 y DCI-P3. Cuando se empieza con el espacio de color de BT-2020 y se definen los valores para el alto rango dinámico, no habrá contenidos preparados con estas características. Estas conversiones también requieren períodos de tiempo muy largos porque implican fuertes inversiones de los proveedores de contenido. Será necesario recurrir a los originales en

soporte fotoquímico o generar nuevos materiales para aprovechar todo el potencial de calidad de la nueva tecnología.

La creación audiovisual siempre ha estado vinculada al desarrollo tecnológico. Desde los primeros pasos de la fotografía y el cine hasta hoy. Los profesionales tienen que utilizar las nuevas herramientas y los nuevos formatos para sus creaciones en una lógica de innovación continua marcada por la industria y la comercialización de las obras. Forma parte del trabajo y está implícito en las profesiones del audiovisual. Siempre ha sido así: con la incorporación del sonido y el color en el cine, con la aparición de los distintos formatos de película o con la llegada de la imagen electrónica y digital. Cada uno de estos cambios ha supuesto un reto para los artistas que han explotado las nuevas posibilidades que ofrece la tecnología. La cuestión es aprovechar estas innovaciones para la creación artística, para hacer nuevas obras y mejores.

La tendencia está marcada. Con esta guía hemos intentado entender dónde están las claves de este desarrollo tecnológico, en qué momento estamos y cuáles son las perspectivas que se generan bajo la etiqueta que los profesionales del marketing han definido como 4K.



Licencia Creative Commons. Junio 2015.