

Tecnología audiovisual

Tecnología audiovisual

Francisco López Cantos



UNIVERSITAT
JAUME • I

DEPARTAMENT DE CIÈNCIES DE LA COMUNICACIÓ

■ Codi d'assignatura CA0931

Edita: Publicacions de la Universitat Jaume I. Servei de Comunicació i Publicacions
Campus del Riu Sec. Edifici Rectorat i Serveis Centrals. 12071 Castelló de la Plana
<http://www.tenda.uji.es> e-mail: publicacions@uji.es

Col·lecció Sapientia 114
www.sapientia.uji.es
Primera edició, 2016

ISBN: 978-84-16356-63-8



Publicacions de la Universitat Jaume I és una editorial membre de l'UNE, cosa que en garanteix la difusió de les obres en els àmbits nacional i internacional. www.une.es



Reconeixement-CompartirIgual
CC BY-SA

Aquest text està subjecte a una llicència Reconeixement-CompartirIgual de Creative Commons, que permet copiar, distribuir i comunicar públicament l'obra sempre que s'especifique l'autoria i el nom de la publicació fins i tot amb objectius comercials i també permet crear obres derivades, sempre que siguin distribuïdes amb aquesta mateixa llicència.

<http://creativecommons.org/licenses/by-sa/3.0/legalcode>

Aquest llibre, de contingut científic, ha estat avaluat per persones expertes externes a la Universitat Jaume I, mitjançant el mètode denominat revisió per iguals, doble cec.

ÍNDICE

Tema 1. Historia de las tecnologías audiovisuales	
1.1. La tecnología cinematográfica	
1.2. La imagen electrónica. Los inicios de la televisión	
Tema 2. La señal digital de vídeo	
2.1. Captación digital de imagen	
2.2. Codificación y compresión audiovisual	
2.3. Sistemas y soportes de almacenamiento	
Tema 3. Sistemas de producción digital	
3.1. Sistemas y formatos de producción audiovisual	
3.2. La postproducción audiovisual	
3.3. Producción en estudio. El plató	
Tema 4. Sistemas de distribución audiovisual	
4.1. La distribución de cine digital. El sistema DCI	
4.2. Sistemas de televisión digital. Normas de transmisión	
4.3. Redes de comunicación. Internet TV	
4.4. Monitorización de televisión y proyección de cine digital	
Bibliografía básica	

Historia de las tecnologías audiovisuales

Resumen

En este primer apartado del programa se hace un recorrido histórico por las distintas tecnologías que se han venido utilizando para la captación de imágenes en movimiento desde los inicios del cinematógrafo, así como los sistemas de transmisión de imágenes a distancia desarrollados a lo largo del siglo xx, con el objetivo de contextualizar y valorar de manera adecuada las las actuales tecnologías de vídeo y televisión.

En primer lugar, se estudia la evolución de las tecnologías basadas en soportes cinematográficos para, después, analizar con detalle las características de las tecnologías electrónicas que fundamentan los sistemas de vídeo y televisión. Y, finalmente, se estudian los sistemas digitales de vídeo y las nuevas tecnologías de transmisión digital.

1.1. La tecnología cinematográfica

A lo largo de los primeros decenios del siglo XIX, y en un contexto de acelerada industrialización y consolidación de la hasta entonces emergente clase burguesa en el entorno de las dinámicas y pujantes ciudades, se comienzan a desarrollar artilugios e inventos a caballo entre la ciencia y la simple atracción de feria que son aceptados con más o menos fortuna por los públicos. Son el resultado de las nuevas posibilidades tecnológicas que ofrecen las constantes mejoras en ingeniería mecánica, y las investigaciones sobre la percepción humana, y se implantan en una época de intenso desarrollo de las tecnologías escénicas y harán las delicias de los emergentes públicos, que empezarán a acudir en masa a estos nuevos espectáculos con el advenimiento del cinematógrafo.

La persistencia retiniana fue demostrada por William Herschel, eminente astrónomo que había promovido importantes avances en óptica, alrededor de la década de 1820, como resultado de una apuesta, que ganó, al mostrar que era posible que un chelín fuese visto al mismo tiempo por su anverso y por su reverso, su cara y su cruz. Para demostrarlo, utilizó una cuerda atada a cada uno de los extremos que tensaba una y otra vez para hacer girar el chelín sobre su eje, dando lugar de este modo a la superposición visual de ambas caras de la moneda, y mostrando así que era posible ver ambas al mismo tiempo. Y así, sentó las bases experimentales del fenómeno perceptivo llamado *efecto phi*, que formularía en 1912 Max Wertheimer y complementaría Hugo Munsterberg algunos años más tarde, en 1916, postulando que la persistencia retiniana producía este efecto psicológico de continuidad perceptiva del movimiento cuando se mostraban imágenes sucesivas con una cadencia suficiente.

Aunque se tardó cierto tiempo en llegar a una definición formal del efecto, los artilugios que aprovechaban la persistencia retiniana empezaron a proliferar y a exhibirse en todo tipo de acontecimientos públicos, donde maravillaban a los asistentes y cubrían de éxito a científicos-feriantes que realizaban tan espectaculares demostraciones de tales ilusiones perceptivas. Uno de estos primeros inventos basados en el ingenio de Herschel se denominó thaumatropio, un artefacto desarrollado por John Paris que utilizaba de manera similar a como aquel hizo en su experimento una superficie de dos caras en la que se alternaba una jaula vacía con un papagayo; el efecto consistía en encerrar al papagayo en la jaula al hacer girar el juguete.

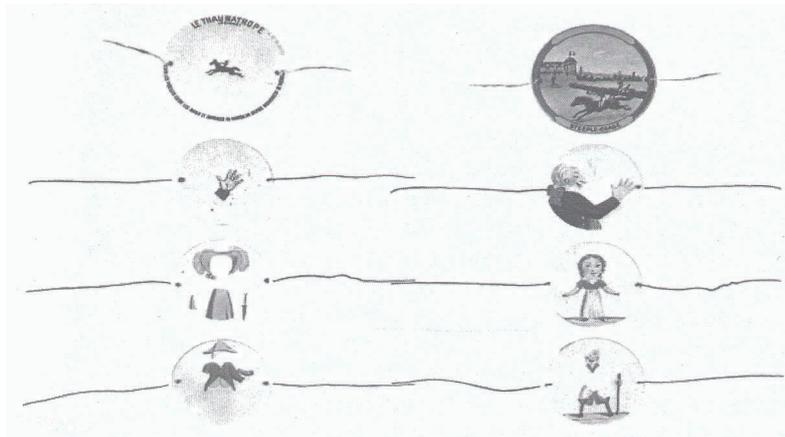


Ilustración 1. Thaumatropio

Poco después, hacia 1829, Plateau inventó el fenakitoscopio, otro juguete de feria que en este caso consistía en una placa circular intercambiable de dieciséis viñetas que se observaba frente a un espejo a través de unas hendiduras que tenía practicadas que permitían verlas con una cadencia de dieciséis imágenes por segundo, óptima para observar el movimiento con fluidez, pues por debajo de doce la oscuridad intermitente se hacía visible y por ello se eligió esa cifra de dieciséis.



Ilustración 2. Fenakitoscopio

A partir de 1834, se empezaron a desarrollar diversas versiones de estos juguetes estroboscópicos, es decir, juguetes que alternaban luz y oscuridad, dándoles diversas denominaciones más o menos ingeniosas, como el *zootropo* de William G. Horner, que utilizaba un tambor circular en lugar de una placa lisa enfrentada a un espejo. También por esas fechas, se empezaron a combinar estos juguetes con la linterna mágica, que no era otra cosa que un proyector de diapositivas con luz incorporada, con lo que se consiguieron interesantes efectos escénicos, como en las proyecciones públicas que ofrecía el barón Franz Von Uchatius, en las que colocaba varios proyectores alineados con diapositivas en fases distintas de movimiento, lo que le permitía, pasando una antorcha iluminada sucesivamente por cada uno de ellos, obtener una ilusión de movimiento muy creíble para los atónitos espectadores. Se empezaron, de este modo, a desarrollar sofisticadas técnicas de

proyección para la época, como la que mostraría décadas más tarde el escenógrafo Joseph Reynaud para la proyección de un espectacular *Pauvre Pierrot* en 1891 con su *praxinoscopio*, con el que deleitó al público de finales de un siglo XIX en que se sentaron las bases del espectáculo contemporáneo como ha llegado a nuestros días, aunque hoy con tecnologías más avanzadas.

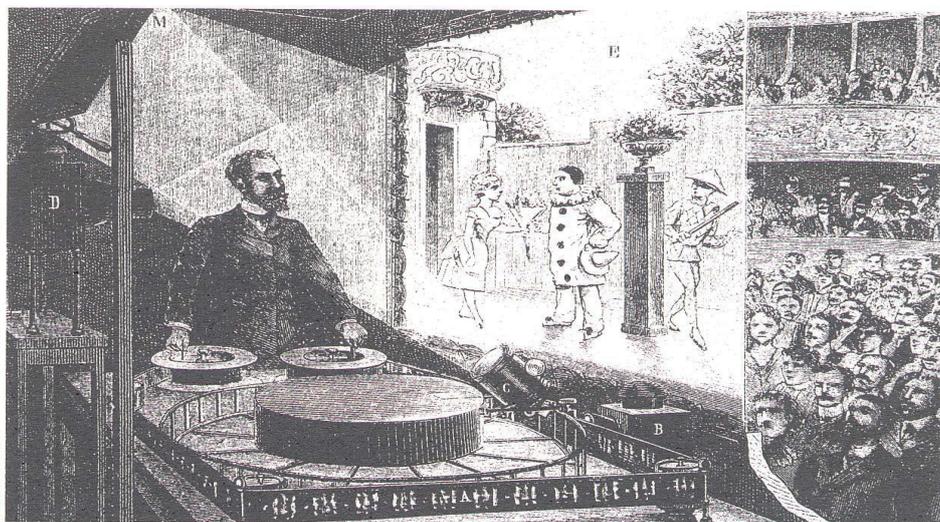


Ilustración 3. Praxinoscopio

En esas décadas empezaron a converger los conocimientos y tecnologías necesarios para dar origen al cinematógrafo, con la convergencia del nuevo interés del público por los espectáculos masivos que eran posible con los nuevos hallazgos e inventos desarrollados en torno a la descomposición del movimiento.

El antecedente inmediato del cinematógrafo se atribuye al ingenio del inglés Eadweard Muybridge, mitad vagabundo y mitad fotógrafo que, espoleado por la necesidad, acabó consiguiendo ser contratado por el gobernador de California, que necesitaba de su ayuda para ganar una apuesta de 25.000 dólares que tenía con un amigo. El reto consistía en determinar si un caballo durante su galope llegaba, o no, a tener sus cuatro patas en el aire al mismo tiempo. Corría el año 1877 y para demostrar que el gobernador estaba en lo cierto Muybridge ideó un sistema de 24 cámaras fotográficas en fila que se accionaban al paso del caballo sobre un cable disparador. Al año siguiente, se pudo por fin mostrar el invento y ver a la yegua Sally poner simultáneamente sus cuatro patas en el aire. El ingenioso equipo de captura del movimiento de Muybridge costó nada menos que 40.000 dólares, pero sirvió para que el gobernador ganara con satisfacción sus 25.000 dólares.

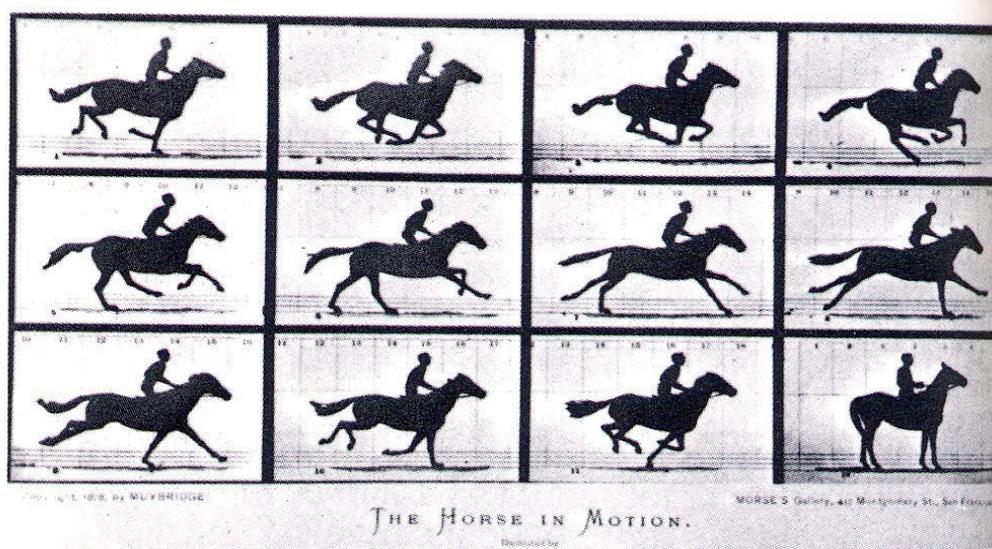
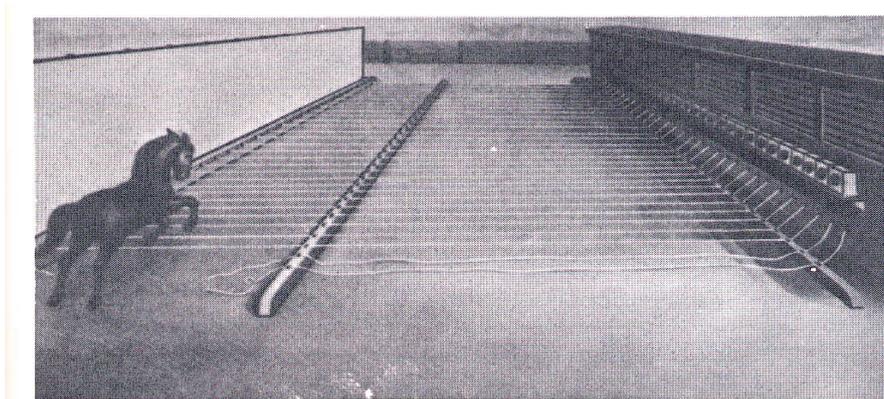


Ilustración 4. El galope de la yegua Sally Gardner, 1878

Poco más tarde Muybridge desarrolló su técnica montando 48 cámaras y, una vez capturadas las imágenes, poniendo las fotografías sobre un fenakitoscopio circular que combinaba con una linterna mágica, lo cual le permitió realizar proyecciones públicas de sus fotografías en movimiento, bautizando su artefacto con el nombre de *zoopraxiscopio*. Posteriormente viajó a París para encontrarse con Jules Marey, quien desde 1882 ya había obtenido imágenes en movimiento utilizando una sola cámara a modo de *fusil fotográfico*. Hacia 1888 Marey sustituyó las placas fotográficas por película de papel, en lo que llamó *cronofotografías*. Así, consiguió automatizar la captura del movimiento y dar un impulso sin precedentes al desarrollo de la tecnología cinematográfica, como había venido haciendo Muybridge.

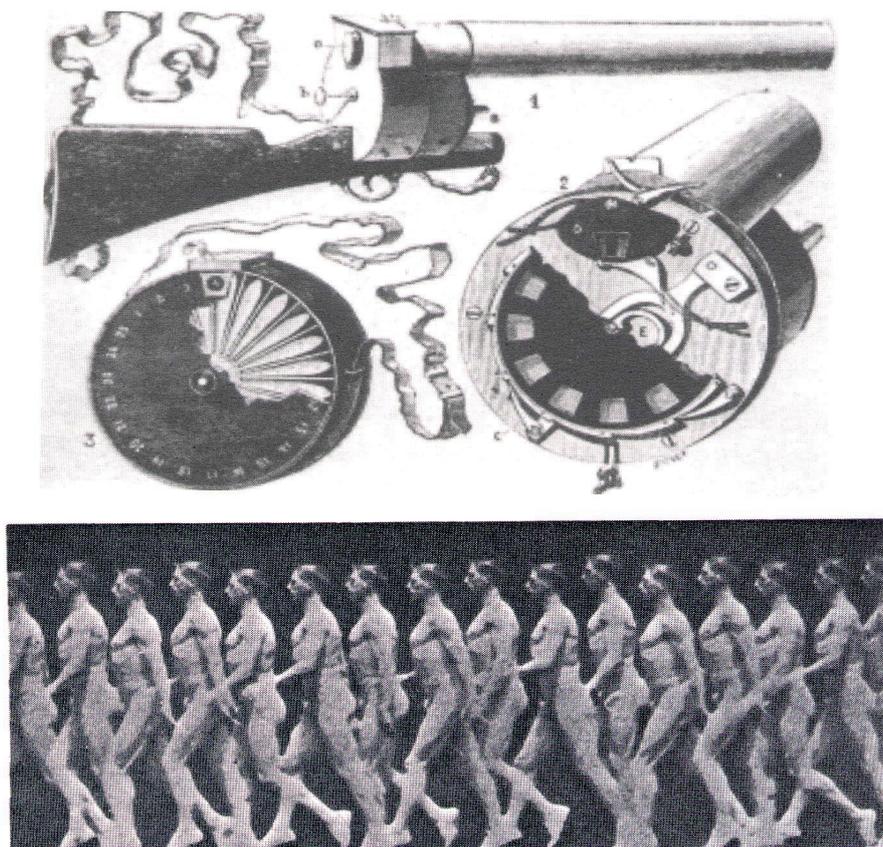


Ilustración 5. Fusil fotográfico y cronofotografía

Marey, para conseguir sus propósitos, había aprovechado el inestimable avance que supuso para la fotografía la sustitución de las placas fotográficas de entonces, poco manejables y frágiles, por los nuevos rollos de papel fotográfico que empezaba a comercializar George Eastman-Kodak hacia 1884. Kodak más tarde acabaría poniendo en el mercado, hacia 1889, la película sobre celuloide que sería el soporte sobre el que se desarrollaría toda la industria cinematográfica y, un año después, empezó a vender al público la primera cámara fotográfica automática del mundo, la Kodak n.º 1. De este modo, se daba el pistoletazo de salida al siglo venidero, el siglo xx, que se iba a caracterizar por la extraordinaria popularización de las tecnologías de la imagen y el importante desarrollo de la industria audiovisual y del entretenimiento, que ya se venía produciendo desde la invención de la imprenta y de la fotografía, pero que cobraría un impulso inusitado y se extendería de manera vertiginosa para calar hondo en la sociedad y en la cultura contemporáneas a partir de la invención del cinematógrafo.

Al igual que Marey, Thomas Alva Edison, eminente inventor que había hecho una fortuna con la comercialización de patentes para la emergente industria eléctrica y de telecomunicación y de la que se había convertido en magnate en pocos años, invitó a Muybridge a sus laboratorios e incluso le dejó espacio en sus talleres para que trabajara con suficientes recursos y adecuada financiación. Muybridge recibió el encargo de Edison de desarrollar el sistema inventado por el propio Edison para grabar sonidos, el *fonógrafo*, pretendiendo crear a partir de él un sistema de

grabación de fotografías sobre cilindro de cera y poder reproducir imágenes y sonidos sincronizados. Sin embargo, la asociación Muybridge-Edison no tuvo éxito y la sincronización de imagen y sonido no fue posible hasta finales de la década de 1920, aunque en todo momento se siguió intentando desde principios de siglo, al tiempo que se continuaban desarrollando de manera separada las tecnologías de captación, registro y proyección de imágenes en movimiento y de producción y difusión sonora.

La invención del cinematógrafo vendría de la mano de otro de los empleados de Edison, su director de proyectos, Dickson, quien en 1889 inventó un sistema de captación de imágenes al que llamó *kinetofonógrafo*, y que luego patentaría Edison como de su propiedad llamándole *kinetoscopio*. La primera película grabada con este sistema, *Record of a Sneeze*, parece haber sido registrada en 1893 o 1894, y no hay evidencia de que se hubiese conseguido un sistema de sincronización con el sonido, y solo se conserva la película registrada con las imágenes sobre una tira de celuloide. Aunque el sistema funcionaba, la calidad de la proyección era muy pobre y, por ello, y por motivos meramente comerciales, Edison separó el invento en dos patentes, el *kinetógrafo* para la grabación y el *kinetoscopio* para la proyección, y empezó a comercializar ambos equipos cinematográficos de manera individualizada. El kinetoscopio se instalaba en máquinas de visionado individual y privado que se distribuían en una fila y funcionaban introduciendo una moneda de cinco peniques, un nickel, término que daría más tarde lugar a *nickelodeon*, tal como serían llamadas las salas grandes, los odeones, que se destinaban para la proyección cinematográfica.

La máquina de cinco peniques de Edison funcionaba colocando en el kinetoscopio una película sinfín, es decir, con el comienzo y el fin unidos, que pasaba una vez por moneda, aunque la imprecisión del sistema no garantizaba que el inicio del visionado coincidiese siempre con el principio de la película, que se veía sin montaje alguno y tenía una duración de unos 20 segundos con una cadencia de 40 a 46 fotogramas, que era la velocidad de grabación a la que funcionaban los kinetógrafos. El enorme éxito que tuvo el invento de Edison provocó una febril actividad en su factoría, cuya producción cinematográfica seguía bajo la dirección de Dickson, y así se impulsó la creación, en 1893, del primer estudio cinematográfico del mundo, el *Black Maria*, con el fin de incrementar la productividad y mejorar las condiciones lumínicas de grabación, hasta entonces pésimas dado el lento desarrollo tecnológico que todavía había en tecnología de iluminación y la escasa sensibilidad de los soportes fotoquímicos utilizados para el registro cinematográfico.

A Edison se le atribuye también la introducción masiva de la perforación en las películas tal como proponía Kodak, y el perfeccionamiento de los proyectores, aunque la intensidad de lámparas de que se disponía era insuficiente para grandes públicos y los problemas de arrastre de la película hacían que se rompiese con facilidad, con lo que las proyecciones muchas veces resultaban deficientes. Edison compró también la patente que los hermanos Lantham habían desarrollado con el diseño de una presilla especial para mantener la película sobre sus guías que evitaba roturas o desplazamientos en los fotogramas durante la proyección, y la adaptó a

un nuevo proyector al que llamó *vitascopio*. Estos nuevos equipos, aunque tenían todavía algunos problemas de inestabilidad durante la proyección, y resultaban incluso peligrosos dada la facilidad de combustión de los nitratos que contenía la película cinematográfica de entonces, se acabaron por instalar por doquier y, a partir de 1905, se empezaron a utilizar grandes espacios para la proyección espectacular, los ya mencionados *nickelodeones*, herederos de aquellas máquinas de cinco peniques para el visionado individual.

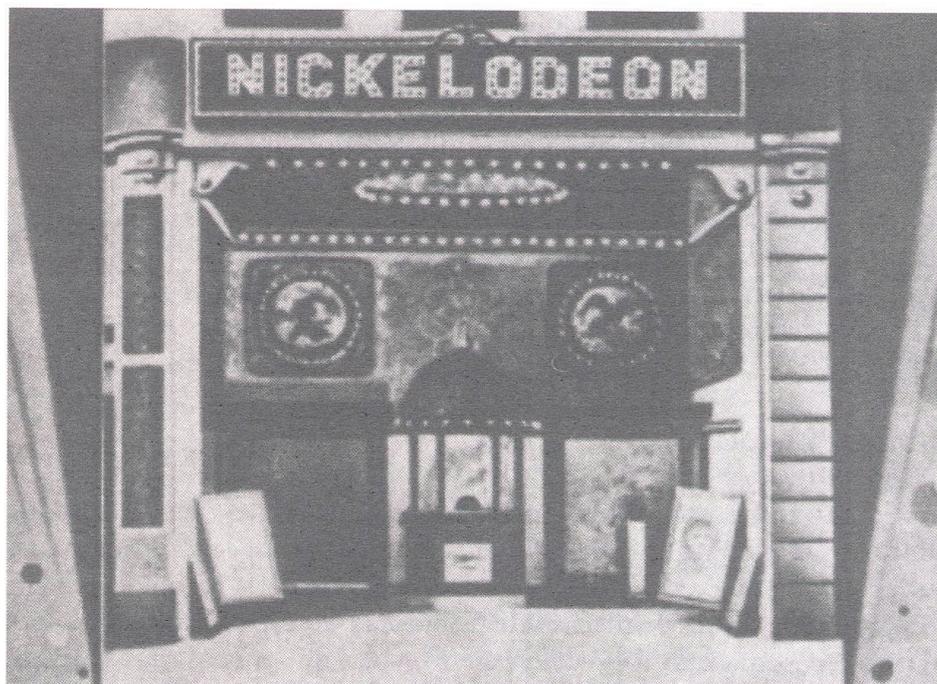
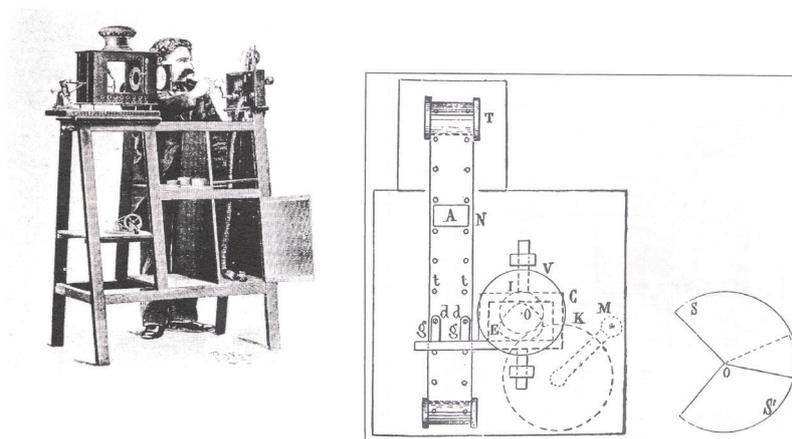


Ilustración 6. Nickelodeon

No obstante, al otro lado del Atlántico, en Francia, también se trabajaba en el desarrollo de tecnologías para la obtención de imágenes en movimiento, y a Marey le siguieron los hermanos Lumière, quienes desde 1894 habían comenzado a trabajar con el *kinetógrafo* y el *kinetoscopio* de Edison, como consecuencia del desarrollo que se estaba produciendo en la fábrica de placas fotográficas que regentaba su padre, y que comenzaba a producir película en forma de celuloide. Pronto crearon su propio sistema, en 1895, y lo llamaron *cinematógrafo*. Tenía la particularidad de funcionar con película perforada de 35 mm y a una velocidad de dieciséis fotogramas por segundo proyectados de manera intermitente utilizando un obturador y, a diferencia de los equipos eléctricos y pesados que comercializaba Edison, era mucho más manejable porque era portátil y manual. La presentación pública del cinematógrafo se produjo el día 28 de diciembre del 1896 en el Grand Café de París, y se considera así la primera proyección cinematográfica en una sala con público de la historia, muy anterior a las primeras proyecciones en los *nickelodeon*.



CINÉMATOGAPHE



LUMIÈRE

Véritable Maison LUMIÈRE
CRÉÉE EN 1896

GRAND CAFÉ

14, Boulevard des Capucines, 14

Entrée : 1 fr.

La situation de la Salle, l'installation des appareils pour l'exécution parfaite des projections animées, éclairées par l'eau et l'électricité (*nouvelle invention remplaçant la lentille*), le choix et le nombre variés des vues, rendent ce spectacle incomparable.

Séances de 2 h. à 6 h. et de 8 h. 1/2 à 11 h.

Ne pas confondre avec les Établissements similaires qui n'ont pas été créés par la
MAISON LUMIÈRE

Tous les Samedis, changement du programme à 8 h. 1/2 du soir.

PROGRAMME

12 TABLEAUX

dont plusieurs sont d'une durée de 10 à 15 minutes

**CORTÈGES, DÉFILÉS MILITAIRES, DANSES,
VUES COMIQUES, ETC.**

Les Familles peuvent assister aux Séances dont la moralité est assurée
SÉANCES EN VILLE & EN PROVINCE

Le Cinématographe peut fonctionner dans les Salons

Piano de la Maison GAVEAU
Tenu par M. Emile MARAVAL, Pianiste-Compositeur.

Ilustración 7. Cinematógrafo de los hermanos Lumière

Como consecuencia de la pujanza de la nueva industria y los nuevos desarrollos tecnológicos a cada lado del Atlántico, se desencadenó una fuerte competencia entre Lumière y Edison, y en la que participaban otras empresas como las francesas Gaumont y Pathé y las americanas Biograph, que había fundado Dickson, y Vitagraph, de John Stuart Blackton, que en 1906 ya empezó a producir las primeras películas de dibujos animados. Como parte de esa estrategia de implantación industrial se fueron sucediendo a lo largo de las siguientes décadas los intentos más o menos afortunados de sincronizar la imagen y el sonido, aunque con escaso éxito.

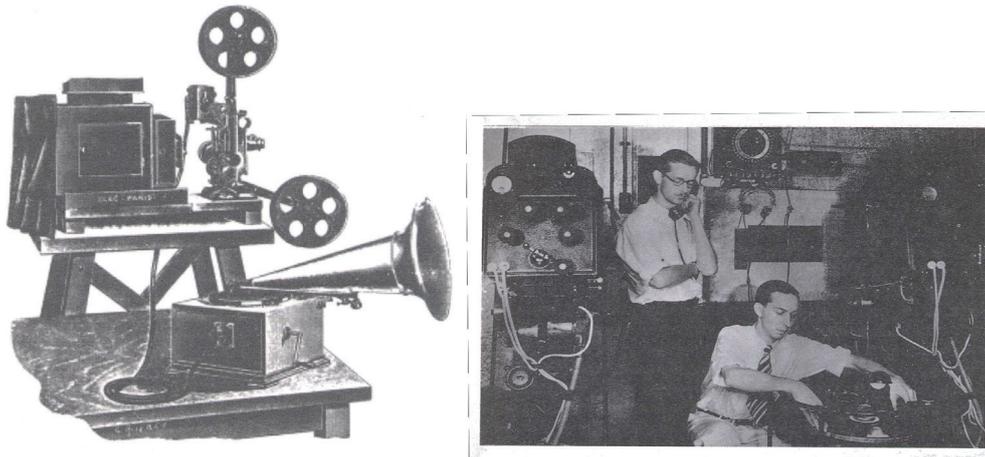


Ilustración 8. Sistemas de sonido sincrónico Elgephone (Gaumont) y Vitaphone (Edison)

En cualquier caso, a comienzos del siglo xx la industria audiovisual ya había iniciado su imparable expansión e implantación social y económica global, y desde entonces se seguiría desarrollando enormemente la ingeniería mecánica y la precisión de los equipamientos cinematográficos, al tiempo que se comenzaban a comercializar diversos formatos, sistemas y soportes fotoquímicos, dando un amplio abanico de posibilidades a una tecnología que maduraría a lo largo de las primeras décadas del siglo xx y dominaría la industria del entretenimiento hasta fechas muy recientes.

A continuación podemos ver el funcionamiento del obturador en el registro, así como los distintos formatos cinematográficos sobre película de 35 mm más comúnmente utilizados, y un ejemplo del sistema óptico adoptado para registrar el sonido modulado sobre el lateral de la película cinematográfica.

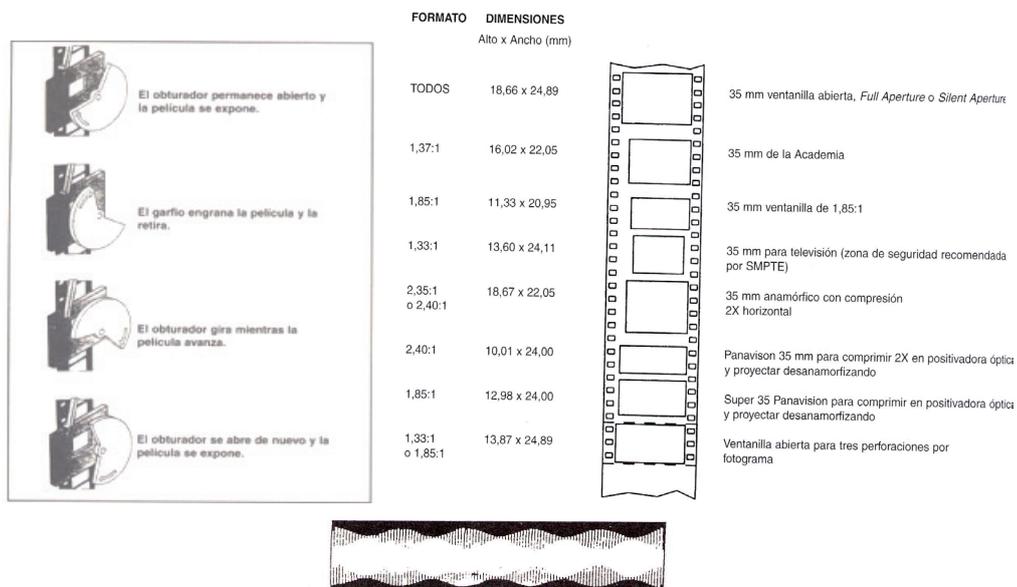


Ilustración 9. Obturación, formatos y sonido en cinematografía (Martínez y Serra)

En la base del desarrollo de la industria cinematográfica se encuentran los soportes fotoquímicos de registro de imágenes, herederos de la fotografía y que han evolucionado a la par que esta en cuanto a sensibilidad y facilidad de uso, pasando de las primeras emulsiones que eran solo sensibles al azul, a las películas ortocromáticas y, después, al registro del color desde la década de 1930 con la aparición del sistema Technicolor y la comercialización de las películas en tres o más capas sensibles. Hubo otros intentos anteriores para el registro del color, como el sistema Dufaycolor que utilizaba microesferas de albúmina a modo de mosaico de filtros sobre una emulsión monocromática, o el sistema Pathecolor, entre otros, en el que se realizaba una imprimación de tintes sobre tres emulsiones en las que se había formado imagen de cada uno de los colores primarios que luego se ponían en registro para la proyección.

Con la invención del Technicolor, que hacía más estables los resultados en las copias y mejoraba la calidad y saturación del color en relación a las técnicas utilizadas por los hermanos Pathé, se acabó por consolidar la tecnología cinematográfica con un nivel de sofisticación técnica que, aunque todavía seguiría siendo mejorado en las siguientes décadas, ya permitía utilizar los recursos tecnológicos sin limitaciones y explorar en toda su extensión sus posibilidades expresivas.

En la actualidad todavía se produce con tecnología cinematográfica tanto en blanco y negro como en color, pero ya no como una imposición tecnológica o económica sino por su valor expresivo, basándose en soportes y procesos de registro fotoquímicos, aunque se están quedando rápidamente obsoletos ante la implantación de la tecnología digital por requerir, como vemos a continuación, de complejos y costosos procesos de procesado.

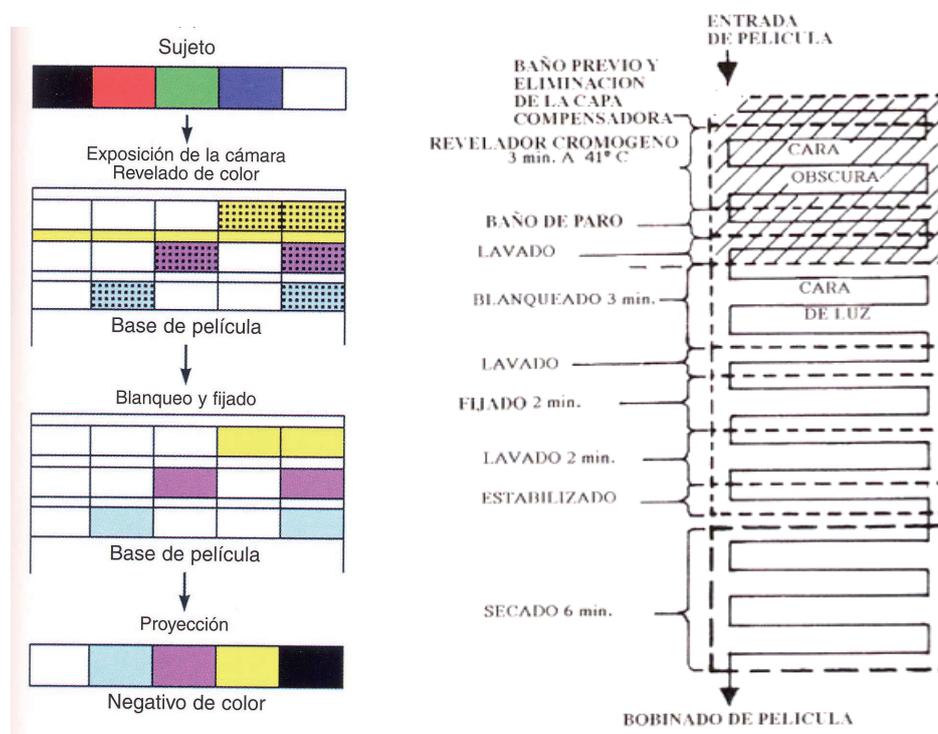


Ilustración 10. Registro y revelado sistema fotoquímico (Langford)

Todo ello ha dado lugar a un sistema de producción y distribución cinematográfica que se ha venido desarrollando a lo largo de todo el siglo pasado, con una fuerte implantación industrial y, en consecuencia, consolidación, tal como podemos ver en el siguiente esquema.

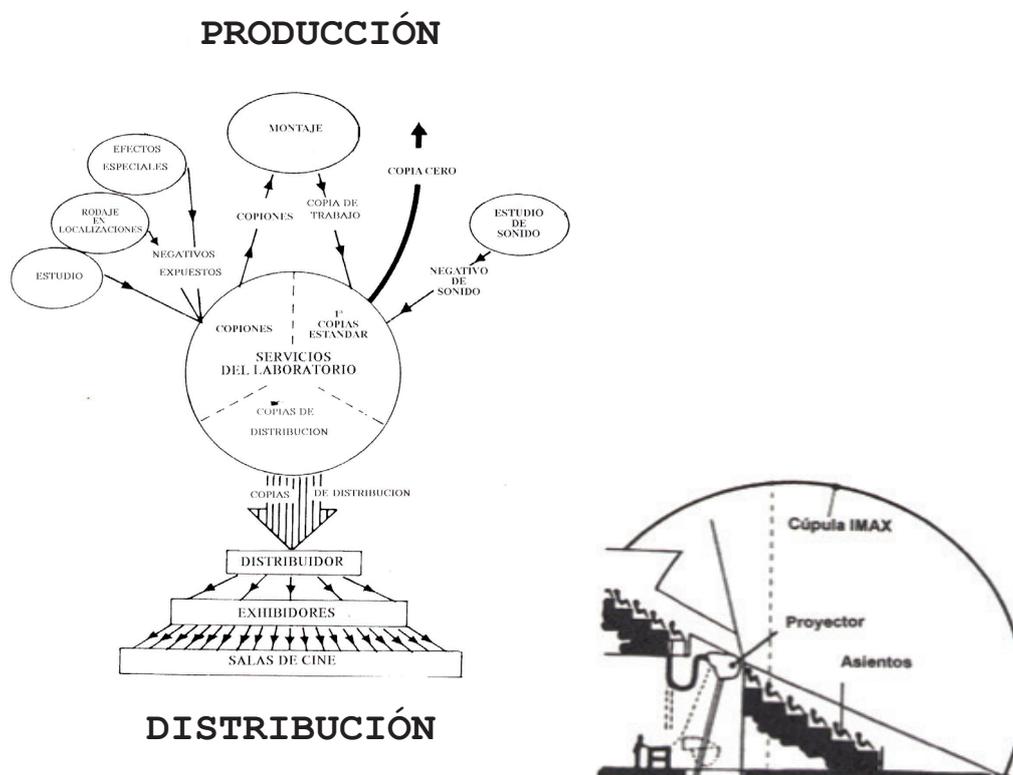


Ilustración 11. Sistema de producción cinematográfica y proyección Omnimax (Mappe)

Sin embargo, las tecnologías y modelos de producción cinematográfica tradicional están ya obsoletos ante los profundos cambios que han provocado la irrupción de la tecnología digital, y las nuevas estrategias para aumentar la espectacularidad de la proyección audiovisual en un intento de sobrevivir a la enorme competencia entre tecnologías, como el que ya se produjo en la década de los años 50 del siglo pasado con la implantación de la televisión, y hoy con las nuevas plataformas multimedia digitales de distribución audiovisual.

1.2. La imagen electrónica. Los inicios de la televisión

A lo largo del siglo xx, y de manera concurrente con las transformaciones que se produjeron en los modelos políticos y socioeconómicos como resultado de la industrialización y las nuevas corrientes ideológicas, se desarrollaron sobremanera las industrias culturales y con carácter global. Las actuales redes de comunicación multimedia son el resultado de décadas de desarrollo tecnológico e industrial en el que las industrias del entretenimiento se han consolidado como elementos constituyentes de nuestra contemporaneidad, han sido primero impulsadas por la industria discográfica y cinematográfica, poco después, por el desarrollo vertiginoso

de los sistemas de radio y, a partir de la postguerra, por los sistemas de televisión. Los sistemas de registro de imágenes por medios fotoquímicos, tanto fotográficos como cinematográficos, tal y como venimos relatando, fueron consolidándose a lo largo de las primeras décadas del siglo xx al tiempo que se empezaban a desarrollar y extender las tecnologías fundamentadas en el gran nuevo descubrimiento de la época, la electricidad, bien conocida y rentabilizada, como ya contábamos, por algunos magnates de la comunicación de la época tales como Edison.

La extensión de las redes telegráficas y telefónicas se empezó a hacer realidad en los últimos decenios del siglo xix, hasta acabar conformando una entramada red de telecomunicaciones global que ha llegado hasta nuestros días, y que provocó no pocos enfrentamientos y batallas políticas y económicas en los entonces bloques de poder que dominaban el territorio en base a los repartos coloniales establecidos en los siglos precedentes (para profundizar en ello se puede consultar el material didáctico de la asignatura Tecnología de la Comunicación).

En ese contexto, y muy tempranamente, se realizaron una serie de descubrimientos y experimentos con la tecnología eléctrica que unas décadas después, hacia finales de los años 30 del siglo xx, resultarían en la implantación del uso de sistemas de televisión en los hogares y, años más tarde, de las tecnologías de grabación videográficas.

Ya desde la década de 1860, se empezó a investigar y experimentar con elementos y compuestos químicos como el selenio cuyas propiedades varían al entrar en contacto con la luz, pero no del modo que ocurría con los ya empleados haluros de plata para el registro fotoquímico en los que se producían procesos de oxidación con el consecuente ennegrecimiento de la plata. El selenio es capaz de transducir la energía luminosa en eléctrica en función de la intensidad recibida. Otros elementos con los que se experimentó poco después, como el cadmio o el cesio, también varían sus propiedades al ser expuestos a la luz, en este caso variando su resistencia al paso de la corriente eléctrica de manera igualmente proporcional a la intensidad lumínica recibida. May y Smith expusieron públicamente sus descubrimientos en 1873 y poco más tarde, en 1875, se empezaron a diseñar las primeras placas matriciales basadas en células de selenio. El primero de los sistemas matriciales de sensores de selenio, que permitía *elaborar imágenes y ver a distancia mediante el uso de la electricidad* y que luego recibiría el nombre de *televisión*, fue construido por Carey conectando dos placas en paralelo y célula a célula para transmitir imágenes de una a la otra por medio de los cables que las unían. Un año después, en 1876, Alexander Graham Bell, hizo posible la transmisión telefónica de imágenes complejas utilizando materiales que transducían la luz en electricidad de manera similar y pudo registrar imágenes que eran codificadas en el emisor y decodificadas en el receptor haciendo posible la telecomunicación.

El problema que había entonces, y todavía hoy a pesar de los enormes avances en investigación de materiales conductores, es el relativo a las limitaciones del canal de transmisión, esto es, al ancho de banda tal como lo llamamos en términos contemporáneos. La cantidad de información que era posible transmitir entonces

limitaba mucho el desarrollo e implantación efectiva de sistemas de transmisión de imágenes que permitiesen alcanzar unos mínimos de calidad. Los primeros sistemas, además, funcionaban en paralelo y multiplicaban los costes de manera que solo podían emplearse en investigaciones de laboratorio respaldadas por socios financieros muy solventes pues resultaban muy poco prácticos y comercialmente inviables.

La solución que se encontró al problema de la transmisión y el elevado coste que suponía la construcción de equipos vino de la mano de Senlecq, quien en 1878 diseñó un sistema de barrido secuencial de las placas matriciales. De este modo, la intensidad eléctrica resultante de cada célula fotoreceptora de selenio era transmitida de manera ordenada en un flujo eléctrico continuo en el que se iban sucediendo cada una de las lecturas y, de este modo, utilizaba un solo canal de transmisión para todas ellas, un solo cable. La complejidad y limitaciones del sistema de Senlecq residía, claro está, en la cantidad de lecturas que podía realizar el sistema en un lapso de tiempo determinado, es decir, la cantidad de información por segundo que era capaz de transmitir. No obstante ello, y aunque el sistema era muy rudimentario, se había conseguido hacer converger la forma de transmisión mediante líneas telefónicas convencionales con los sistemas de registro eléctrico de imágenes, de forma que se sentaron las bases para el impulso de las telecomunicaciones multimedia que han llegado hasta nuestros días, con tecnologías como, por ejemplo internet y ADSL, avanzados desarrollos tecnológicos contemporáneos cuyos fundamentos, salvando las distancias, no están nada alejados de aquellos pioneros sistemas de transmisión.

El sistema de Senlecq no resultó muy efectivo en la práctica con la tecnología de entonces, y solo empezó a desarrollarse un diseño viable de sistema de visión de imágenes a distancia, es decir, de televisión, a partir de 1884, con un sistema mecánico-eléctrico ideado por Nipkow. Fue diseñado a partir de un sistema secuencial de lectura sobre dos discos idénticos y sincronizados, uno en el registro y otro en la proyección, en los que se practicaban 24 agujeros equiespaciados formando una espiral que giraba a 600 revoluciones por minuto. No pudo llegar a construirse ningún prototipo pero el sistema diseñado por Nipkow sentó las bases de lo que sería la televisión y permitió la construcción, más tarde, de los receptores de televisión que se empezaron a comercializar unas décadas después, cuando la tecnología mecánica y eléctrica estaban suficientemente desarrolladas para ello.

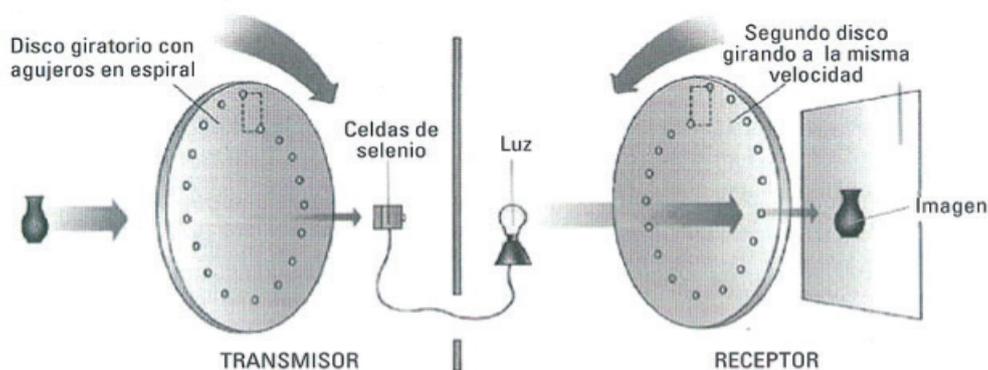


Ilustración 12. Disco de Nipkow (Pérez y Zamanillo)

Una vez sentadas las bases teóricas de los sistemas mecánico-eléctricos de transmisión de imágenes empezaron a producirse importantes avances de ingeniería a ambos lados del atlántico que impulsaron definitivamente el desarrollo de la tecnología de la televisión y la transmisión por ondas electromagnéticas, sobre todo a partir de los años 20, una vez finalizada la primera gran contienda mundial.

Desde 1922 en EE. UU., y de la mano de C. F. Jenkins, se comienzan a desarrollar y perfeccionar sistemas de reproducción de imágenes con métodos eléctricos y, en 1925 se transmiten por primera vez imágenes utilizando las redes radiofónicas. Se consigue establecer una transmisión entre Washington y Filadelfia, y RCA (Radio Corporation of America, una de las más importantes cadenas radiofónicas del país) compra las patentes para comercializar el sistema. Este mismo año, en los Estados Unidos, H. C. Ives realiza con éxito pruebas experimentales para transmitir imágenes fijas en color utilizando las redes telefónicas, y gracias a su asociación con Bell Telephone y ATT, las dos mayores compañías de telefonía del país, en 1927 consigue la transmisión de imágenes fijas en color de gran calidad entre Washington y Nueva York, e impulsa así el desarrollo tecnológico de las infraestructuras de telecomunicación para el intercambio de informaciones periodísticas, que hasta el momento solo permitían la transmisión de información de carácter textual.

Al otro lado del Atlántico, en Europa, se venían también sucediendo los avances en las tecnologías de telecomunicación de imágenes e, igualmente en 1925, John L. Baird experimentó con la transmisión de imágenes a distancia a través de las redes de cable y, poco después, en 1927, realizó con éxito una transmisión vía telefónica entre Londres y Glasgow. El siguiente año, consiguió emitir televisión en color y un par de años después logró una transmisión en que se sincronizaba la imagen con el sonido; éxitos tecnológicos que pueden dar una idea de la rapidez con que se sucedían las innovaciones y aceleraba el desarrollo de las tecnologías audiovisuales y los significativos cambios que se iban a producir a partir de entonces.

El impulso e implantación de la televisión en Europa fue propiciado por la BBC (cadena radiofónica similar en cuanto a tecnología, implantación y solidez industrial a la RCA de EE. UU. pero en Gran Bretaña), que consiguió realizar, en 1929, la primera transmisión-recepción de imágenes a este lado del Atlántico, utilizando para ello un sistema mecánico-eléctrico similar al de Nipkow que alcanzaba una resolución horizontal de 30 líneas. Las primeras pruebas industriales de construcción de receptores de televisión fueron un éxito y se empezaron a comercializar con gran rapidez. Además, tuvieron una inmediata aceptación por el público, tanto que hacia 1932 se alcanzaron unas ventas que superaban los 10.000 receptores con este sistema de disco de Nipkow y 30 líneas de resolución. Pronto el mercado se tornaría muy competitivo y unos años después la empresa estadounidense Marconi, en asociación con EMI, desarrolló un sistema comercial de 405 líneas y totalmente eléctrico, utilizando el iconoscopio que había desarrollado previamente V. K. Zorwykin en 1907 en el Instituto Tecnológico de San Petersburgo.

Los sistemas de televisión totalmente electrónicos basados en los tubos de rayos catódicos (TRC), como el iconoscopio, ya habían sido descritos por primera vez en 1908 en la Revista *Nature* por Campbell y Swinton, a partir de los prototipos de TRC desarrollados por K. F. Braun en 1897 en Estrasburgo. Conocedor de tales desarrollos y con el diseño del iconoscopio ultimado, Zworykin emigró a EE. UU. donde empezó a trabajar para Westinghouse y RCA, y obtuvo resultados bien pronto, en 1923, año en que se diseñó el primer receptor de televisión que funcionaba con rayos catódicos, basado en un cátodo para la generación de un flujo de electrones que se direccionaban mediante deflexión electromagnética para la exploración de la imagen que se capturaba en un mosaico cargado eléctricamente.

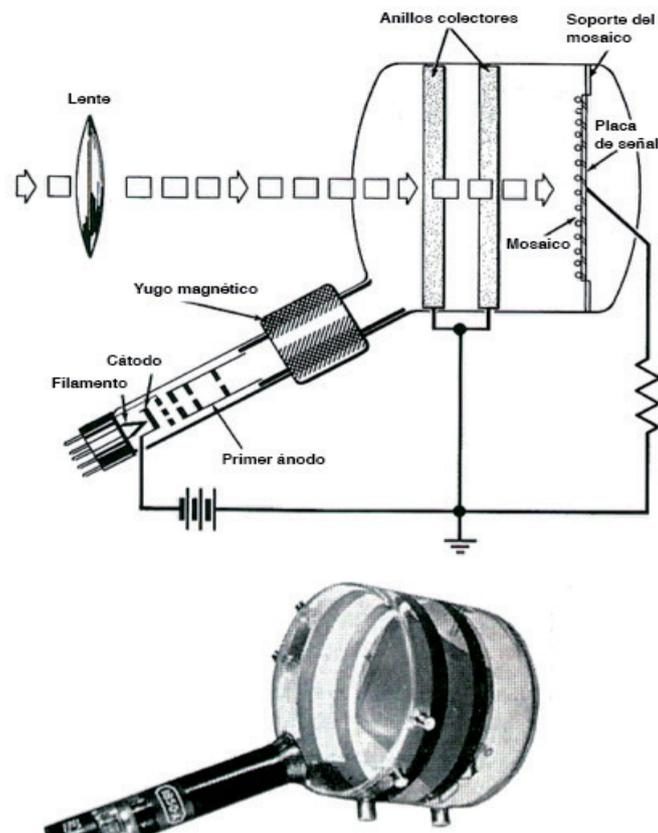


Ilustración 13. Iconoscopio (Pérez y Zamanillo)

El sistema se probó con éxito, y en 1925 se registró una nueva patente basada en los mismos principios pero que ya funcionaba en color. Con la implantación de un sistema íntegramente eléctrico nacía la televisión tal como la hemos conocido hasta la actualidad, aunque hoy en día ya muy evolucionada y en constante proceso de transformación con el advenimiento de las tecnologías digitales. El primer gran acontecimiento retransmitido por televisión fueron los Juegos Olímpicos de Berlín de 1936 y poco después, además de en Alemania, se adoptó el sistema en la NBC, en EE. UU. y en el año 1939, comenzando así a transmitir televisión con regularidad a ambos lados del Atlántico, aunque muy pronto comenzaría la Segunda Guerra

Mundial y los usos de la televisión y los sistemas de comunicación se derivarían hacia fines bélicos, y así, por ejemplo, en 1942 se hacía un uso muy eficiente de la televisión como medio de vigilancia aérea, pero eso ya es otra historia.

Más adelante se desarrollaron otros sistemas de TRC, como el vidicón, aunque el principio subyacente para la generación de la señal de televisión seguía siendo el mismo; la obtención de señales eléctricas sucesivas de intensidad variable en función de la luminosidad de la escena utilizando un sistema fotoconversor más o menos sofisticado, pero muy eficiente tanto para la captura como para la monitorización de imágenes como vemos a continuación.

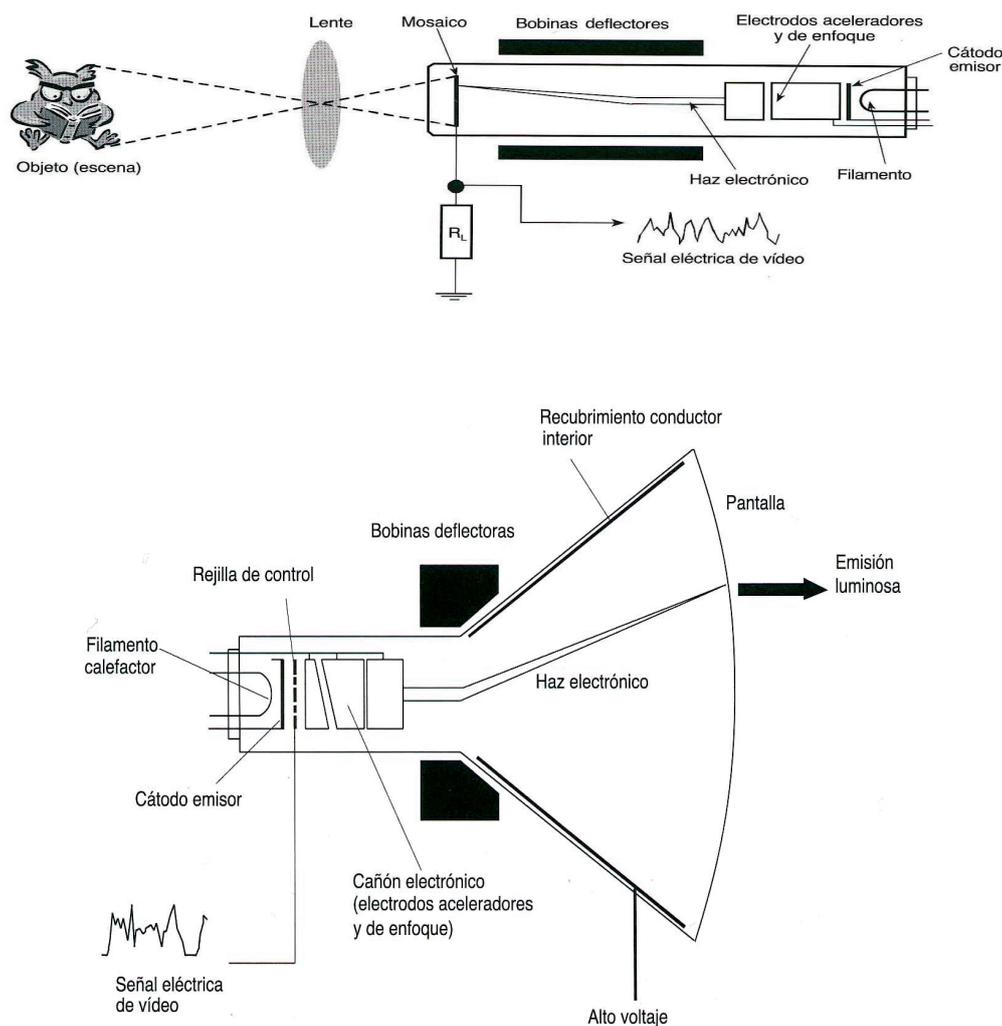


Ilustración 14. Funcionamiento TRC en captación y recepción TV (Pérez y Zamanillo)

De este modo, explorando la imagen en la captación y reproduciéndola de manera sincronizada en el equipo de proyección, ambos con funcionamiento electrónico basado en TRC, se hacía posible elaborar una imagen de televisión, inicialmente en blanco y negro.

En una carta de pruebas como la que vemos a continuación, registrando las diferencias de luminosidad existentes y convirtiéndolas, de manera efectiva, línea a línea, en impulsos eléctricos de intensidad variable se obtiene una imagen completa, que es restituida durante la proyección siguiendo las mismas pautas, aunque naturalmente en blanco y negro, tal como fueron diseñados los sistemas de televisión en sus inicios.

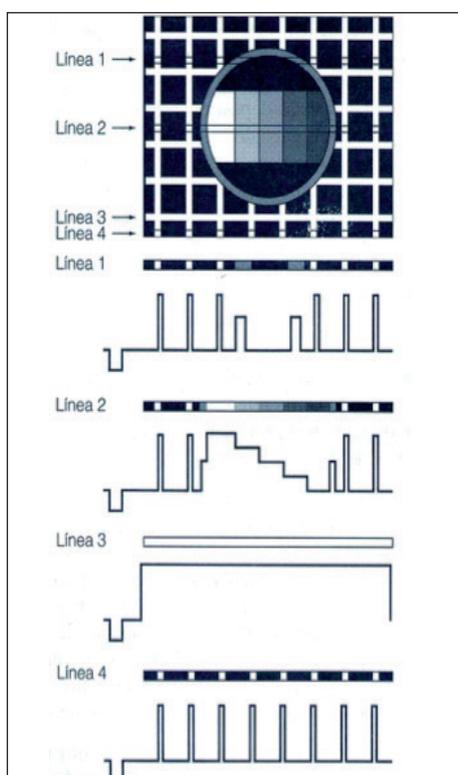
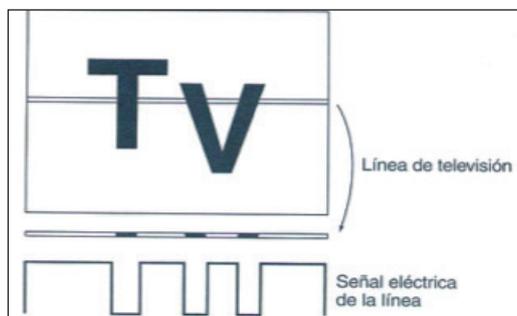


Ilustración 15. Exploración de una línea y carta de ajuste (E. Félix Molero)

En cuanto a la televisión en color, los principios fundamentales de los sistemas de generación de imágenes en color eran conocidos hacía tiempo, desde las primeras investigaciones de Newton sobre la luz y los posteriores trabajos de Maxwell, entre otros (para profundizar en ello se puede consultar el material docente de la asignatura Tecnología de la Comunicación). Cuando empezó a desarrollarse la televisión ya se estaban utilizando tecnologías fotográficas y cinematográficas que permitían la captación y reproducción del color y, como contábamos más arriba, las primeras pruebas de televisión en color comenzaron en los años 20.

El reto de la televisión en color consistía en la construcción de equipamientos basados en el principio de separación de los colores primarios para, así, poder generar imágenes con una riqueza cromática similar a la del espectro visible. Los primeros equipamientos de captación de color disponían de tres tubos de rayos catódicos y un sistema de filtros que permitía descomponer la luz visible y dirigir cada uno de los colores primarios a su correspondiente tubo. Sin embargo, estos equipos de cámara, aunque evolucionaron con el tiempo y ganaron en ligereza y precisión, siempre presentaban problemas de ajuste y sincronización y hacia finales de siglo fueron sustituidos por sistemas de cámara basados en sensores matriciales, cuyas características veremos un poco más adelante, y que permiten la obtención de imágenes en color con los mismos principios, utilizando filtros dicroicos para la separación del color integrado en el bloque óptico.

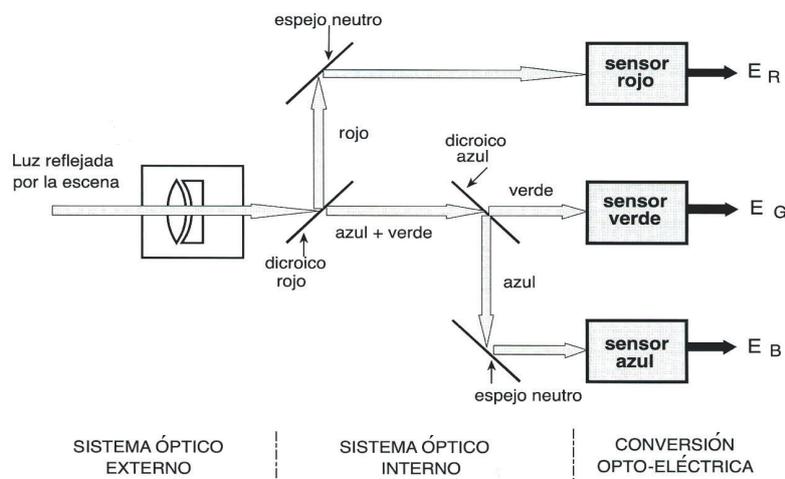
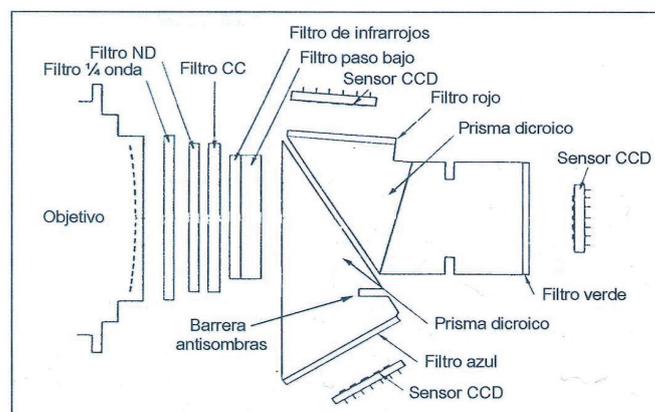


Ilustración 16. Sistema óptico de análisis de color (Pérez y Zamanillo)

El sistema óptico de los sistemas de captación actuales es el sistema que primero interviene en la conformación de la imagen en cualquier equipamiento de cámara y permite múltiples operaciones para regular las características de la imagen de manera previa a su registro y tratamiento electrónico. Podemos ver a continuación los controles típicos que podemos encontrar en una óptica habitual en los equipos de cámara actuales, muchos de ellos automatizados.



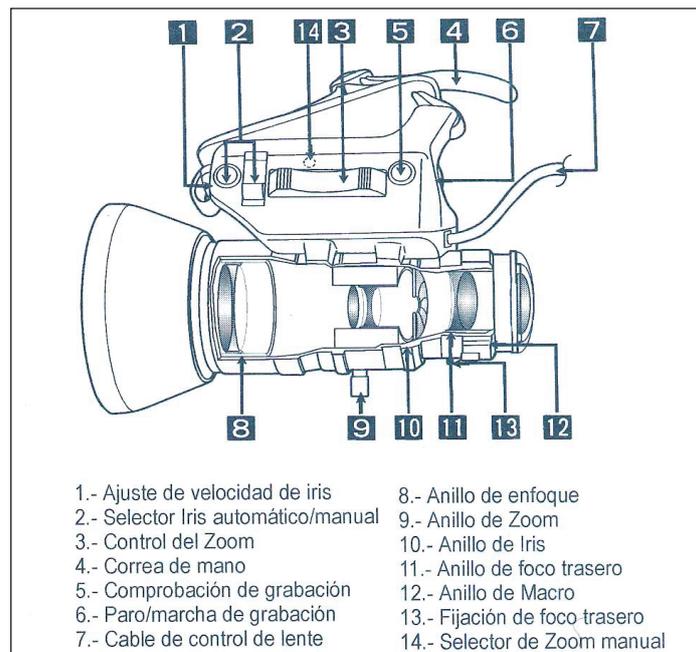


Ilustración 17. Bloque óptico y controles en objetivo zoom (E. Félix Molero)

En el siguiente bloque del equipo de captación se realiza la conversión óptico-electrónica y se genera la señal de vídeo en color. Si se tratase la información directamente recibida de los sensores sin más estaríamos ante un sistema de vídeo por componentes o RGB, es decir, que permitiría mantener la señal original correspondiente al sensor rojo (R), al verde (G) y al azul (B). Esta opción, sin embargo, aun proporcionando la máxima calidad, solo es posible asumiendo un alto coste en los equipos debido a la multiplicación de los circuitos electrónicos y la complejidad del sistema de diseño, por lo que se utilizan estrategias de codificación del color que simplifiquen su construcción y reduzcan sus costes, utilizando para ello varios métodos.

El primero de ellos consiste en separar la información de luminancia (Y) de la de crominancia (C), que por ello se llama señal en color Y/C o de vídeo separado, de manera que a efectos prácticos la señal resultante discorra de manera separada en los dos valores, es decir, dos cables físicos, normalmente montados sobre un mismo conector. El segundo de los sistemas para conseguir insertar en una única señal eléctrica toda la información de color que, tal como hemos visto procede de tres señales distintas correspondientes a cada uno de los colores primarios RGB, utiliza un método de integración que, aunque de menos calidad, da como resultado un único flujo de vídeo, es decir, solo un cable físico por el que transita toda la información, y por ello a esta señal se le llama de vídeo compuesto.

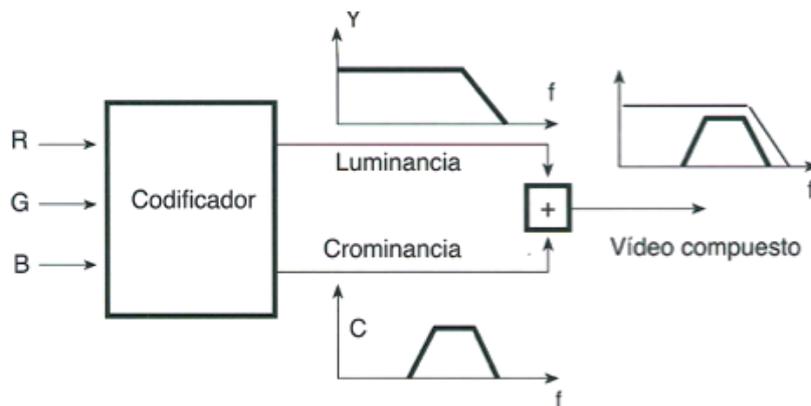
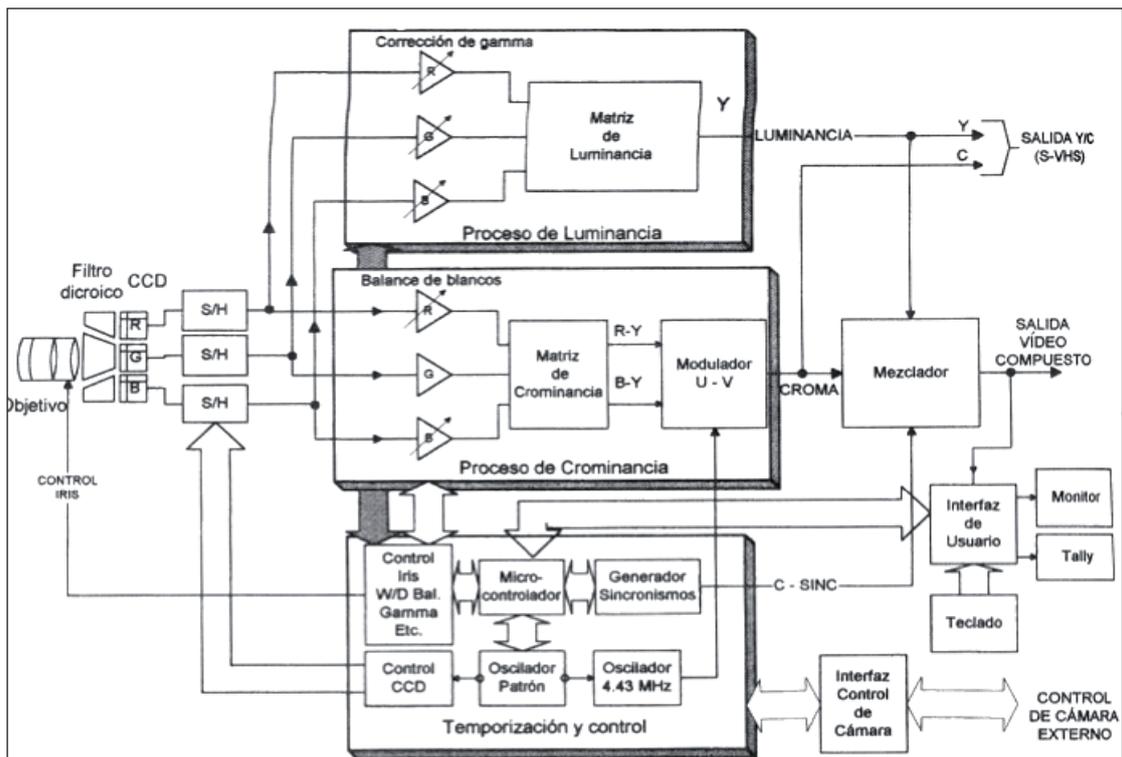


Ilustración 18. Bloque conversor de cámara y sistema genérico de video compuesto (E. Félix Molero)

La señal que vemos en el gráfico anterior con modulación U-V corresponde a la señal con codificación en el sistema PAL, uno de los sistemas de televisión en color utilizados para televisión aunque hay otros como NTSC o SECAM, todos ya en desuso debido a la implantación de la televisión digital, de la que nos ocuparemos más adelante.

TEMA 2

La señal digital de vídeo

Resumen

En este segundo tema del programa se analiza con detalle la señal de vídeo digital y las características que determinan la calidad final de la imagen resultante del proceso de digitalización, así como los sistemas de registro digital más utilizados.

En primer lugar, se estudian los parámetros que influyen en la calidad de la imagen durante el proceso de captura y digitalización; y en segundo lugar, se hace especial hincapié en la importancia que tiene la codificación y el uso de algoritmos de compresión en todo el proceso de digitalización de imágenes y sonidos. Finalmente, se estudian los distintos sistemas y soportes de almacenamiento que se utilizan para el registro y archivo de la señal digital de vídeo.

En la actualidad, todos los sistemas de vídeo están basados en tecnología digital y los equipamientos de producción están diseñados para integrarse en un flujo de trabajo que permite la captación, registro, tratamiento y monitorización de la señal digital de vídeo de manera eficiente durante todo el proceso de producción.

Tal como se puede ver a continuación, en la entrada del sistema están los equipamientos de cámara, basados en el funcionamiento de sensores que permiten la captura de imágenes en forma de datos digitales conformando una señal en bruto (RAW) que, posteriormente, podrá ser convertida a otros formatos para su tratamiento, registro y monitorización.

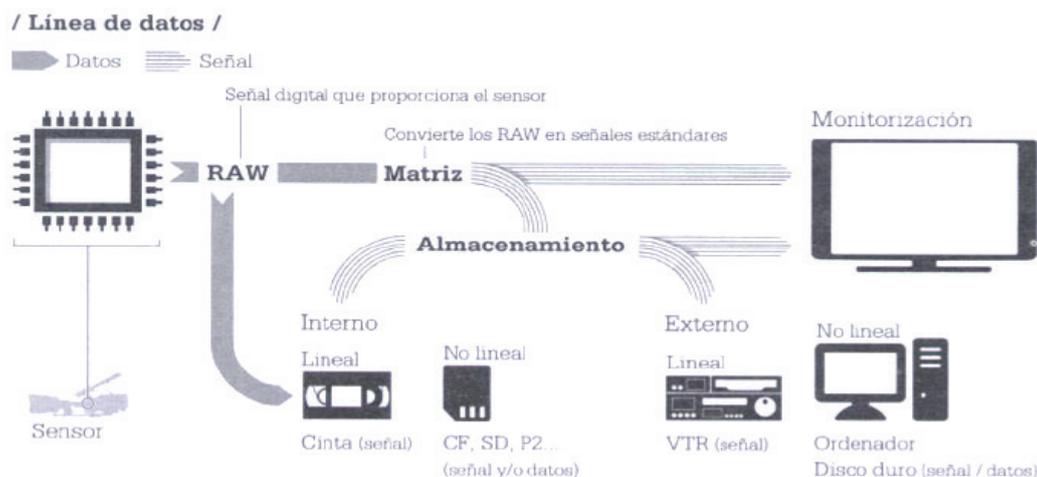


Ilustración 19. Sistema digital de vídeo (J. Carrasco)

En los siguientes epígrafes, nos detendremos en el detalle de cada una de las fases y equipamientos que conforman cualquier sistema de vídeo digital, y en los conceptos terminológicos básicos y de uso común en el ámbito profesional de la producción audiovisual en nuestros días.

2.1. Captación digital de imagen

Los últimos desarrollos tecnológicos que se están implantando en las tecnologías de captación de imágenes en movimiento vienen determinados por los nuevos avances en los sistemas de captura que han sustituido en los últimos veinte años a las poco prácticas cámaras basadas en tubos de rayos catódicos, los sensores MOS.

Como ya vimos, en los orígenes de la televisión ya se empezó a experimentar con sistemas de imagen contruidos a partir de matrices de células fotosensibles, aunque solo a partir del último tercio del siglo xx se dieron las condiciones tecnológicas adecuadas para poder comenzar a desarrollar sistemas de estas características, principalmente debido a los avances en microelectrónica con la progresiva integración de circuitos en microchips y el dominio de nuevos materiales semiconductores que lo hacían posible.

De este modo, se pudo empezar a reducir el tamaño y el peso de los equipos de captación de imágenes sustituyendo los tubos por sensores fotosensibles y los engorrosos circuitos eléctricos por microcircuitos electrónicos que permiten el análisis y tratamiento de la información que registran.

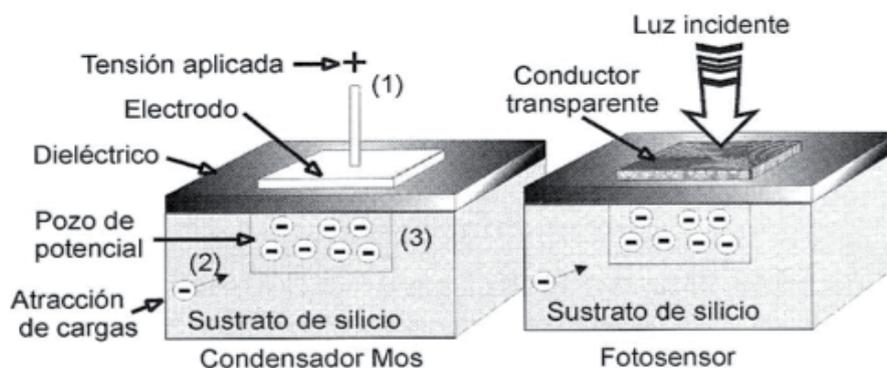


Ilustración 20. Condensador y fotosensor MOS (E. Félix Molero)

Los sensores actuales están basados en un condensador tipo MOS (*Metal-Oxid Semiconductor*) de silicio dopado que dispone de un pozo de potencial cuya carga eléctrica depende de la intensidad de la energía luminosa que recibe. Muchos de estos fotosensores dispuestos en una matriz permiten el análisis de la imagen punto por punto. El ritmo con que se realice la transferencia de cargas y su lectura determinará la cadencia en el registro de imágenes y el flujo total de datos con que necesita trabajar el sistema tanto para su transferencia como para el registro y la monitorización.

Las tendencia actual es integrar en los sistemas de captación de imágenes sensores tipo CMOS (*Complementary Metal-Oxid Semiconductor*), que funcionan de manera similar a los sensores CCD, es decir, se trata de condensadores acoplados pero, a diferencia de estos, la transferencia de carga no se hace de manera secuencial sino que cada célula tiene su propio transistor que detecta y almacena la carga pudiendo además amplificarla y tratarla de manera individualizada, por lo que permite así realizar operaciones sobre conjuntos de células o ventanas de interés. De este modo, los sensores CMOS ofrecen evidentes ventajas, tales como mayor integración de funciones (balance de blancos, nivel y velocidad exposición, autofocus, etc.) que pueden ser controladas electrónicamente en el propio momento de la captura en el sensor, y otras ventajas de no menor importancia como la reducción de tamaño, de consumo y de precio y la posibilidad de comercialización de cámaras más compactas.

Los últimos desarrollos vienen determinados por la adecuación de los sensores para su uso en los equipos de cinematografía digital de alta definición, que aumentan sobremanera su resolución y, a veces, disponen de células con forma ortogonal para aumentar su sensibilidad, y adoptan matrices con dimensiones de 24×36 mm para mayor facilidad de integración en la industria del cine al adecuarse al formato

cinematográfico de 35 mm y así poder utilizar las ópticas y accesorios ya existentes en el mercado.

Una vez enviada la información en un flujo eléctrico continuo de valores correspondientes a la lectura de cada línea de células hasta completar la imagen registrada en la matriz, se realiza el proceso de digitalización de la señal habitual en cualquier sistema de conversión analógico-digital, dando como resultado una señal codificada apta para su tratamiento con sistemas digitales de vídeo.

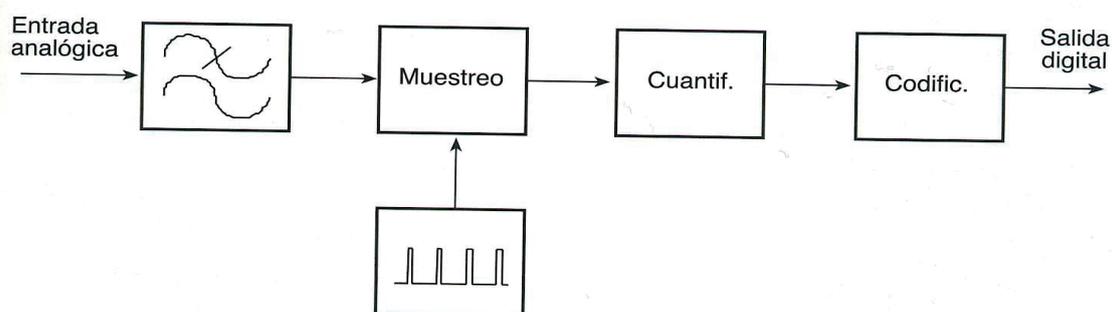
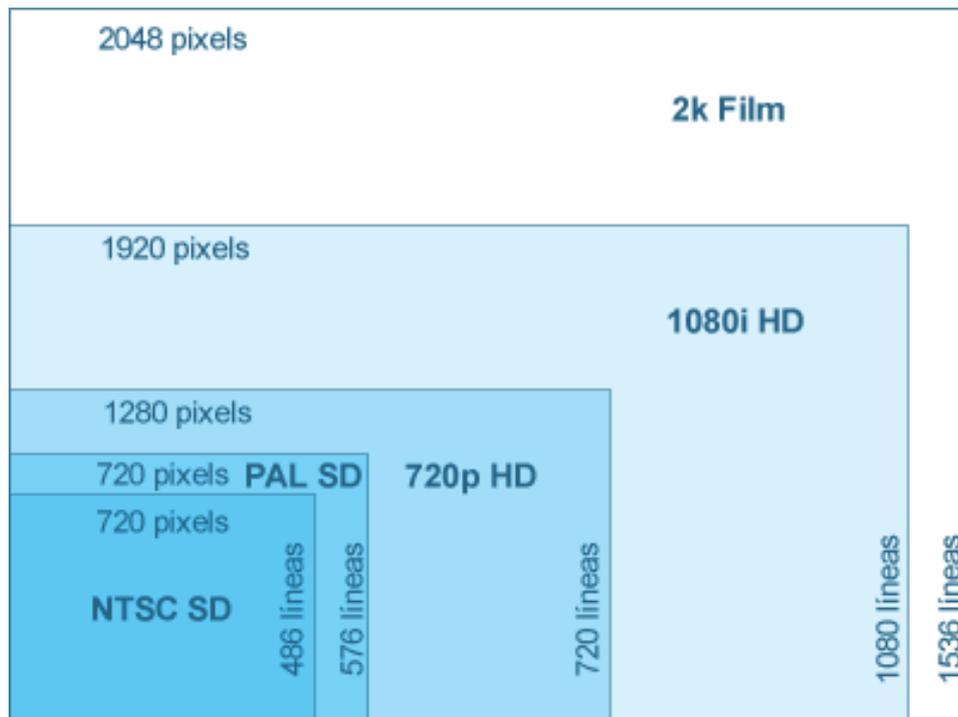


Ilustración 21. Esquema básico de conversión A/D (Pérez y Zamanillo)

De este modo, en la entrada del sistema digital de vídeo, tenemos siempre que realizar un proceso de conversión analógico/digital que transforme las imágenes capturadas por el sensor en datos digitales mediante un proceso de muestreo, cuantificación y codificación.

En este bloque de entrada de todo sistema digital, por tanto, se empieza ya a determinar la calidad final de la señal digital de imagen obtenida en función de varios parámetros como son la resolución, la frecuencia de muestreo, la profundidad de color y la cadencia de imágenes obtenidas.

En primer lugar, la densidad de las células fotosensoras que el sensor tenga integradas determinarán su resolución, es decir, el tamaño de la imagen que podremos obtener, calculado en función del número total de píxeles (abreviatura de *Picture Elements*) por fila y columna que tenga integrados la matriz sensible utilizada para la captura. Las resoluciones de captura más comunes en la actualidad parten de los 1920×1080 píxeles en los sistemas en HD (*High Definition*), y se están implantando con rapidez los equipamientos de cámara con sensores 2K y superiores, especialmente en 4K y que permiten relaciones de aspecto 1:1,85 y 1:2,39 siguiendo las normas DCI de cine digital.



/ Resoluciones DCI para cine: 4K /

4K (4.096 x 2.160)

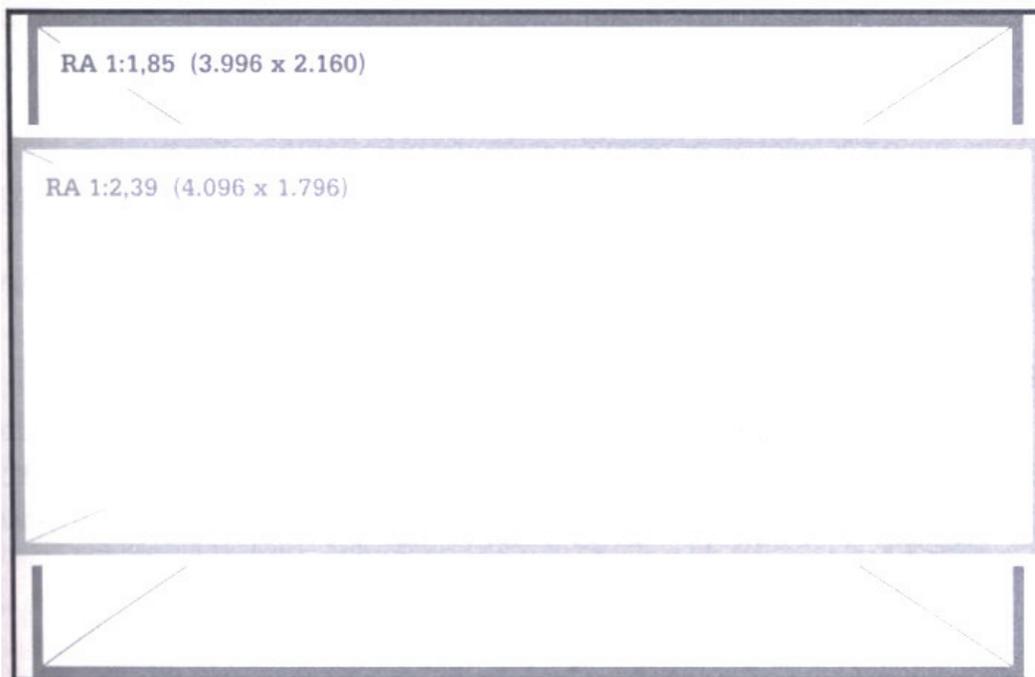


Ilustración 22. Distintas resoluciones de imagen en formatos PAL, HD, 2K y 4K DCI (J. Carrasco)

En la monitorización o proyección de vídeo digital, como vemos a continuación, existen diferentes resoluciones de pantalla, pero todas ellas escalables a partir de los estándares que se pueden obtener por los sensores utilizados durante la captación y normalizados para la producción de cine digital, que ya está evolucionando hacia el 8K.

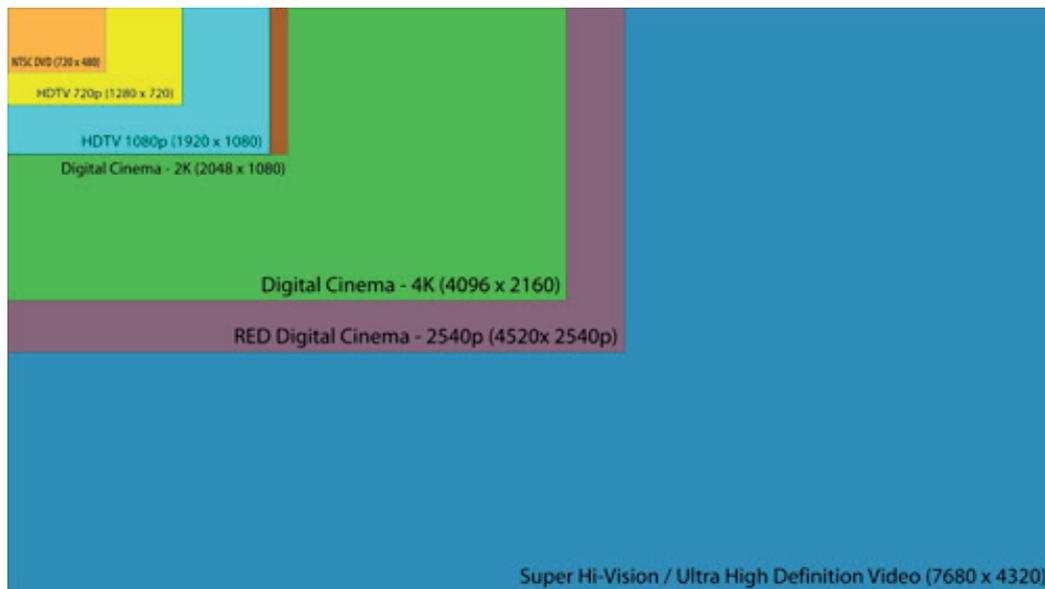


Ilustración 23. Formatos de monitorización y proyección digital

En segundo lugar, toda la información capturada por el sensor píxel a píxel en forma de diferencias de intensidad eléctrica proporcionales a la intensidad luminosa de la escena registrada se han de convertir a datos digitales mediante el proceso de muestreo, cuantificación y codificación de la señal.

El muestreo de la señal se define como la velocidad con la que se leerán los datos suministrados por el sensor y está estrechamente relacionado con el volumen de información que se ha de extraer y el número de imágenes por segundo, esto es, su cadencia. Es decir, para un sensor con resolución HD que proporciona una señal estándar de televisión a 25 imágenes por segundo en modo progresivo (25p), tendremos un flujo de datos que será resultado de multiplicar los 1920×1080 píxeles de cada imagen por 25, esto es, 51.840.000 puntos por segundo. De esta manera, y contando con que para explorar la señal senoidal eléctrica resultante del sensor se ha de muestrear al doble de su frecuencia para no perder información atendiendo a la fórmula de Nyquist, deberíamos hacerlo a una velocidad de aproximadamente 100 millones de veces por segundo, es decir 100 Mhz (megahercios).

Con esa frecuencia de muestreo obtendríamos una señal de calidad en lo relativo al volumen de datos, pero para obtener cada uno de ellos deberíamos todavía cuantificar la señal analógica original captada por el sensor para poder asignar un valor binario preciso a cada píxel en función de su intensidad eléctrica. Este proceso, el de cuantificación, resulta crítico y en función del valor de cuantificación podremos obtener mejores o peores resultados de calidad en la señal digital. Tal como vemos a continuación, en un sistema digital convencional de tres sensores, uno por cada color RGB, si utilizamos 8 bits por canal/color podremos obtener un máximo de 256 colores diferentes, mientras que si cuantificamos la señal a 12 bits por canal el número de diferentes colores aumenta hasta 4096. Es decir, si capturamos una imagen con gran riqueza cromática su calidad se verá fuertemente comprometida si nuestro sistema de digitalización proporciona una

profundidad de color de la señal a 8 en lugar de a 12 bits por canal, que sería lo óptimo.

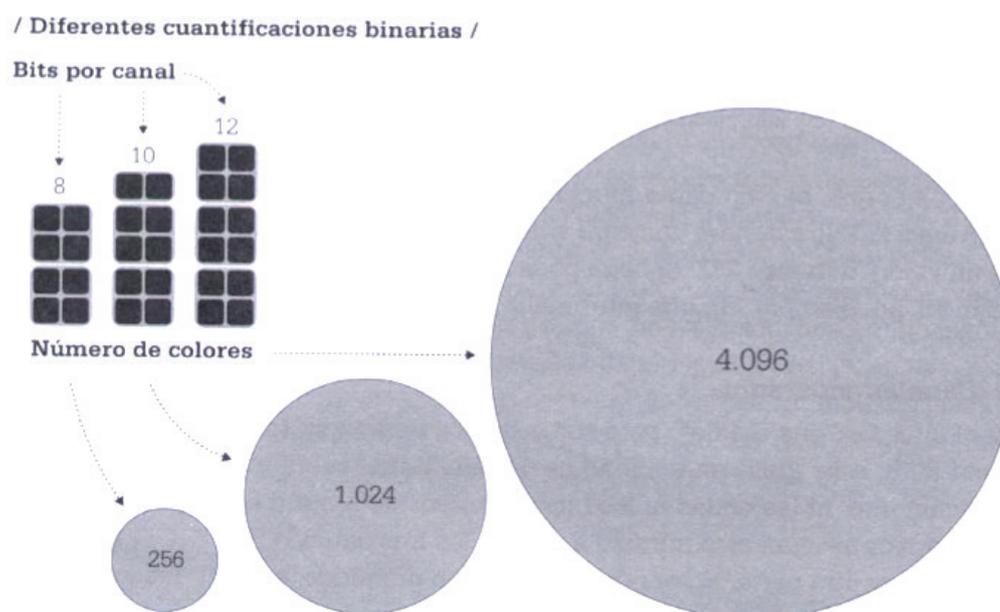


Ilustración 24. Profundidad de color (J. Carrasco)

Como es lógico, el flujo total de datos, calculados en número de bits, se incrementará de manera muy significativa si trabajamos con una profundidad de color de 12 bits en lugar de solo 8 bits. Es decir, un total de 50 millones de píxeles podrá resultar en un flujo de datos de 50×8 o 50×12 millones de bits por segundo, o lo que es lo mismo, un ancho de banda de 400 Mb o 600 Mb por segundo, lo que supone diferentes exigencias tecnológicas para el sistema en cuanto al transporte y procesamiento de la señal digital.

Igualmente, el sistema de muestreo del color, que veremos un poco más adelante, implicará que el tamaño de archivo con más detalle y el flujo de datos resultante que será necesario manejar durante todo el proceso de producción sea mayor o menor.

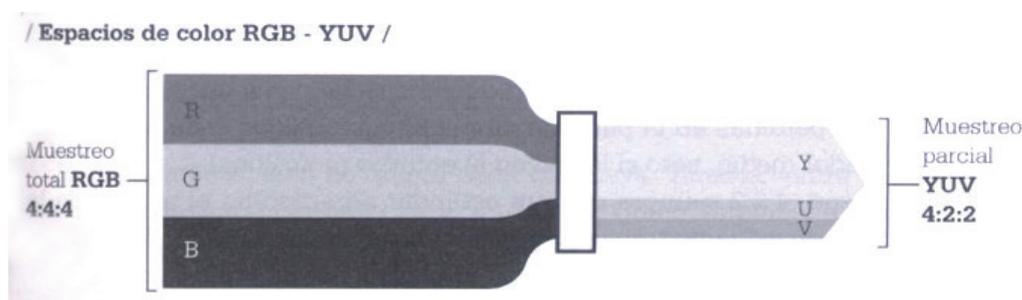


Ilustración 25. Muestreo de color (J. Carrasco)

También, como vemos a continuación, la elección de una cadencia de imágenes u otra también tiene un efecto inmediato sobre la calidad de la imagen digital y, también, en cuanto al flujo de datos que el sistema debe manejar. Y no es lo mismo que el sensor se explore de manera entrelazada (i) o progresiva (p), como una cadencia de 25p que de 50p.

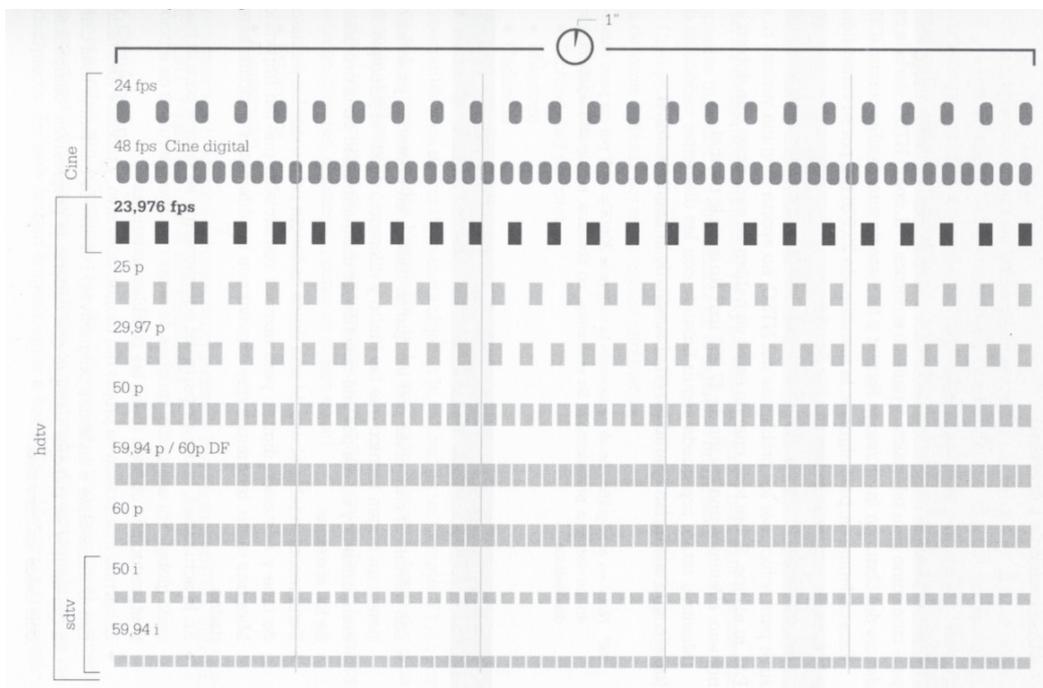


Ilustración 26. Exploración entrelazada y progresiva y cadencia (J. Carrasco)

Como resultado de todo ello, el flujo total de datos sin comprimir para cada uno de los diferentes formatos de producción de vídeo digital varía desde los 70 GB hasta 3,76 TB por hora, con lo que ello implica en cuanto a capacidad de proceso y almacenamiento de los equipamientos integrados en el sistema de producción digital.

Tabla de pesos y flujos de datos sin comprimir

Formato	resolución	muestreo	p. bits	PESO MB/f	cadencia	BITRATE	1 hora
SD576	720 × 576	4:2:2	8	0,79	50i	158 mbs	70 GB
HD720	1.280 × 720	4:2:2	8	1,76	25/60p	350/844 mbs	154/370 GB
HD1.080	1.920 × 1.080	4:2:2	8	3,96	25p	800 mbs	350 GB
HD1.080 RGB	1.920 × 1.080	4:4:4	10	7,42	23,976/25p	1,39/1,45 gbs	652 GB
2K DCI	2.048 × 1.080	4:4:4	12	9,49	48p	1,8 gbs	800 GB
2K FA	2.048 × 1.536	4:4:4	10 log	11,25	24p	2,11 gbs	950 GB
4K DCI	4.096 × 2.160	4:4:4	12	37,97	24p	7,12 gbs	3,13 TB
4K FA	4.096 × 3.112	4:4:4	10 log	45,59	24p	8,55 gbs	3,76 TB

Ilustración 27. Flujo de datos y tamaño de archivo sin comprimir en cada formato (J. Carrasco)

2.2. Codificación y compresión audiovisual

La imagen digital, tal como hemos visto, es el resultado de varios procesos o fases sucesivas que de manera esquemática hemos denominado muestreo, cuantificación y codificación. Y la señal digital representará con mayor precisión y calidad de la imagen original en función de las características del sensor utilizado para la captura y la forma en que se realice el proceso de digitalización.

En la fase final del proceso de digitalización, la fase de codificación de la señal, se realiza la ordenación de los datos en función del formato de vídeo digital que se quiere obtener como resultado y, también, se aplican algoritmos de compresión para reducir el flujo final de datos de la señal para hacerla manejable por los sistemas de tratamiento digital. En esta fase, al igual que en las anteriores, la calidad de la señal obtenida está condicionada por el tipo de proceso que se realice, en este caso, por los algoritmos aplicados para la conformación de la señal en el formato de vídeo determinado y el tipo de compresión que se aplique a los datos y el tratamiento que se haga del color.

Los primeros sistemas de vídeo digital hacia finales de la década de 1980, y unos pocos años después comenzaron su comercialización de la mano de Sony y su Betacam Digital, que pretendía sustituir al muy extendido y solvente formato Betacam SP, que era analógico. Así, se inició una transición digital, ya prácticamente concluida, que ha sido imparable desde entonces y ha transformado radicalmente el sector audiovisual durante los últimos años.

Los primeros formatos digitales se impulsaron desde el seno de la Digital Video Broadcasting, DVB, una organización en la que participan la mayores industrias del sector y otros agentes y organizaciones con intereses diversos en el ámbito audiovisual entre cuyos objetivos se encuentra el desarrollo de formatos de vídeo digital óptimos para su comercialización e implantación como estándares del mercado. Los trabajos en el seno de la DVB, dieron como resultado, tal como vemos en el siguiente gráfico, la normalización de diversos formatos digitales, o formatos D, con características específicas para cada tipo de aplicación, a partir de los cuales se han desarrollado marcas comerciales como DV o DVCPRO.

Formato	Submuestreo	Bits/píxel	Compresión	Mb/s
D-1	4:2:2	8	1:1	172
D-2	Compuesto	8	1:1	94
D-3	Compuesto	8	1:1	94
D-5	4:2:2	8 ó 10	1:1	220
D-7, DV, DVCAM, DVCPRO	4:1:1 ó 4:2:0	8	Intra 5:1	25
D-9, Digital-S, DVCPRO50	4:2:2	8	Intra 3,3:1	50
Digital Betacam (Sony)	4:2:2	8/10	Intra 2,3:1	95

Ilustración 28. Formatos de vídeo DVB

De manera similar ha ocurrido en relación a los sistemas de compresión, en este caso agrupando en el seno de la Motion Picture Expert Group, MPEG, la industria y organizaciones con intereses en el sector audiovisual con el fin de mejorar la calidad de los algoritmos de compresión, desarrollando diversas normas, en función de las características y el uso a que se destinen las imágenes.

De este modo, se desarrolló el algoritmo de compresión MPEG-1, orientado a imágenes destinadas al mercado de usuarios que no requieren una alta calidad y prefieren reducirla a favor de la capacidad de almacenamiento. De este formato ha derivado la aplicación específica para compresión de audio conocida como MP3, que es resultado del algoritmo MPEG1-Layer 3.

El sistema de compresión MPEG-2, en cambio, está orientado a aplicaciones profesionales y a teledifusión pues proporciona una alta calidad que permite incluso difusión en HDTV, es decir, en Alta Definición. Es un sistema de compresión sofisticado y eficiente que utiliza compresión intra e interframe, y además permite un flujo de datos variable en función del uso específico a que se destine, entre 4 y 100 Mb/sg.

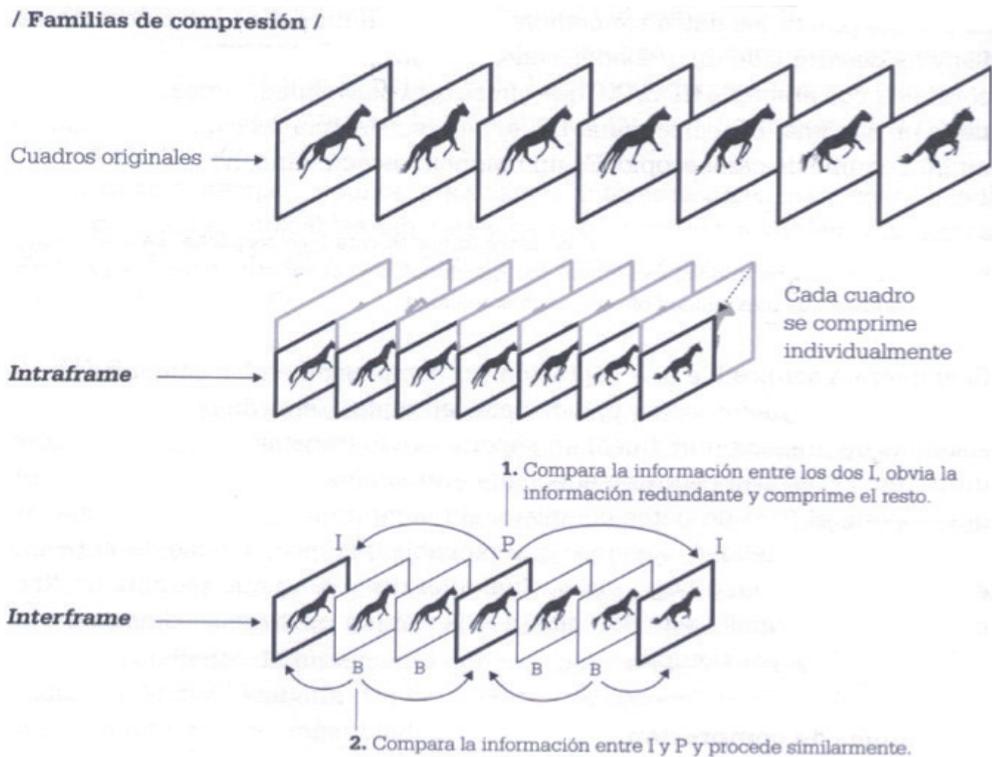


Ilustración 29. Compresión intra e interframe MPEG (J. Carrasco)

Para maximizar la calidad, reduciendo en todo lo posible la cantidad de datos, el sistema MPEG-2 divide la imagen en bloques de 8 píxeles, antes de aplicar el algoritmo de compresión denominado DCT, y para completar su eficiencia, se aplica también compresión espacial. De este modo, se definen varios tipos de fotogramas denominados I, B y P, es decir, imágenes Índice, a las que se practica compresión intracuadro DCT tal como venimos contando; imágenes Predictivas, que se refieren a imágenes I o P anteriores y solo contienen la información de los cambios producidos respecto a aquellas en forma vectorial, e imágenes Bidireccionales, en las que se aplica la máxima compresión al estar referidas tanto a la imagen I o P anterior como a la posterior. La mayor o menor compresión de las imágenes I y P y, sobre todo, la mayor o menor presencia de imágenes B, determinan la complejidad de cálculo que debe hacerse y la suavidad percibida por el espectador de la transición entre las sucesivas imágenes y, en definitiva, la calidad de los resultados finales.

Se han desarrollado algunos otros sistemas en el seno de este grupo de expertos, como el MPEG-3, inicialmente pensado para HDTV pero que fue abandonado, y el MPEG-4, algoritmo destinado a la codificación de objetos audiovisuales y orientado a la transmisión de vídeo por internet a baja velocidad, en el rango de 28,8 a 500 Kb/sg, y que ha tenido enorme éxito y ha dado como resultado los conocidos sistemas DivX y Xvid. Otra norma de interés desarrollada por el grupo MPEG, aunque no contiene algoritmo de compresión alguno, es la denominada MPEG-7, destinada a la descripción de contenidos audiovisuales para facilitar la indexación en bases de datos y las búsquedas documentales con el fin de hacer posible la interpretación semántica de la información audiovisual, ámbito en el que en los últimos años se está produciendo un impulso importante, y necesario, que está dando lugar a diversos

formatos de archivos contenedores de datos que puedan facilitar la catalogación y el intercambio de información de carácter audiovisual.

Además de los formatos resultantes de MPEG, hay otros sistemas de compresión que se están imponiendo con fuerza en el mercado debido a su efectividad para el tratamiento y transferencia de los datos. Igualmente, como vemos a continuación, hay diversas normas creadas específicamente para la compresión de audio, como PCM o MPEG-2 AAC, destinado este último a los sistemas de audio de alta fidelidad, y para la televisión digital, los soportes DVD y Blu-ray y la TVHD.

Estándar/Formato	Ancho de banda típico	Ratio de compresión
CCIR 601 (D1)	172 Mb/s	1:1 (Referencia)
M-JPEG	10-20 Mb/s	7-27:1
H.261	64 Kb/s – 2000 Kb/s	24:1
H.263	28,8-768 Kb/s	50:1
MPEG-1	0,4-2,0 Mb/s	100:1
MPEG-2	1,5-60 Mb/s	30-100:1
MPEG-4	28,8-500 Kb/s	100-200:1

Formato	Frec. Muestreo (KHz)	Canales	Caudal por canal (Kb/s)	Uso
PCM (G.711)	8	1	64	Telefonía
CD-DA / DAT	44,1/48	2	705,6/768	Audio Hi-Fi
MPEG-1 Layer I	32/44,1/48	2	192-256 variable	
MPEG-1 Layer II	32/44,1/48	2	96-128 variable	
MPEG-1 Layer III (MP3)	32/44,1/48	2	64 variable	Hi-Fi Internet
MPEG-2 AAC	32/44,1/48	5.1	32-44 variable	Hi-Fi Internet

Ilustración 30. Formatos de compresión de vídeo y audio

2.3. Sistemas y soportes de almacenamiento

Como ya hemos visto (véase para ello Tecnología de la Comunicación), el registro de la señal propiamente dicha se realiza en la actualidad utilizando mayoritariamente las tecnologías magnéticas aunque se están imponiendo con gran rapidez los soportes de grabación magnetoópticos y las memorias de estado sólido tipo *flash*. La cinta magnética está en proceso de sustitución en todos los equipos de producción, al igual que los soportes tipo CD o DVD Blu-ray solo todavía con cierto uso para el archivo y distribución de archivos audiovisuales en el mercado doméstico.

En los equipos de cámara se impone la grabación directa con tarjetas de memoria de estado sólido y, en producciones complejas y de estudio, el uso de soportes de grabación externos basados discos magneto-ópticos.

Existen varias razones para usar memoria *flash* en lugar de otros soportes, ya que no hacen ruido, permiten el acceso rápido y, sobre todo, son ligeras, muy pequeñas y además no tienen partes móviles lo que las hace especialmente aptas para su transporte y utilización. Además, tienen costes muy reducidos y son reutilizables; todo ello de gran utilidad para hacerlas candidatas solventes a convertirse en el soporte de todos los equipamientos digitales en el ámbito doméstico y profesional. Prueba de ello es la apuesta realizada por Panasonic, primero, y Sony, después, por esta tecnología en sistemas como el P2 y el SxS Pro, respectivamente, basados en tarjetas *flash* de alta capacidad de almacenamiento.



Ilustración 31. Tarjetas P2 y SxS Pro

No obstante, es todavía muy común en muchos centros de producción, especialmente en centros de enseñanza, la utilización del sistema DVCAM/HDV, un desarrollo particular del formato DV que utiliza la cinta y la tecnología magnética como soporte de grabación comercializado por la empresa Sony y destinado al mercado semiprofesional, y cuyas características permiten su utilización para el registro de imágenes listas para su emisión sin que se aprecien diferencias reseñables de calidad respecto a otros sistemas más profesionales, aunque estas existan. Con el inconveniente añadido de que las imágenes grabadas sobre cinta magnética, aun siendo digitales, han de ser convertidas en un archivo informático, mediante el proceso denominado de ingesta, apto para su tratamiento por los sistemas de post-producción audiovisual, con el consiguiente coste en recursos y tiempo de trabajo que ello implica.

El destino de toda grabación audiovisual, hoy por hoy, es un archivo informático contenedor de la información audiovisual registrada digitalmente. Podemos encontrar multitud de ellos y con extensiones muy diversas cuyas diferencias vienen determinadas por su forma de estructurar los datos de vídeo y audio, y por su rendimiento informático en función de los códecs utilizados para la compresión de los datos, lo que determinará de manera significativa la calidad final de la imagen digital registrada.

Extensión del archivo	Contenedor	Códec de vídeo	Resolución	Velocidad de transferencia (fps)	Velocidad en bits (Mbps)	Códec de audio
*.avi *.mkv *.asf *.wmv *.mp4 *.3gp *.vro *.mpg *.mpeg *.ts *.tp *.trp *.m2ts *.mts *.divx	AVI MKV ASF MP4 3GP VRO VOB PS TS	DivX 3.11/4.x/5.x/6.1	1920 x 1080	6~30	30	AC3 LPCM ADMPCM (IMA, MS) AAC HE-AAC WMA DD+ MPEG (MP3) DTS Core
		MPEG4 SP / ASP				
		H.264 BP/MP/HP	640 x 480		8	
		Motion JPEG				
		Window Media Video v9	1920 x 1080		30	
		MPEG2				
		MPEG1				

Ilustración 32. Tipos y extensiones de archivos audiovisuales

Sistemas de producción digital

Resumen

En este tercer tema se estudian las características y equipamientos de los centros de producción digital, con el objetivo de aportar una visión panorámica del contexto tecnológico actual en el que se inscriben los actuales procesos de producción profesional audiovisual.

Se analizan los sistemas y equipamientos digitales que se utilizan en el ámbito de la producción profesional y las tendencias tecnológicas que se están imponiendo en las distintas áreas operativas de los centros de producción de televisión.

Todos los sistemas desarrollados en el seno de los grupos DVB y MPEG y otros existentes, han acabado por formar parte de un conjunto de normas de carácter global adoptadas en la Unión Internacional de Telecomunicaciones, UIT, que agrupa a los organismos nacionales de normalización de la inmensa mayoría de los países del mundo. En España la Agencia Española de Normalización (AENOR), es quien se ocupa, entre otros ámbitos, del establecimiento de reglas en el sector de las telecomunicaciones, en conjunción con otros organismos ministeriales y entidades de interés en esta área. Las normas resultantes de los trabajos desarrollados por la UIT, son de obligado cumplimiento en todo su territorio de implantación y para todos sus miembros, en virtud de los acuerdos establecidos entre los países participantes. Además de normas, la UIT también impulsa estudios sectoriales y promueve recomendaciones que, aunque no son de obligado cumplimiento en sus ámbitos de competencia, tienen el objetivo de facilitar, en general, el desarrollo económico e industrial del sector de las telecomunicaciones. Uno de los Comités Consultivos Internacionales creados en su seno es el de Radiocomunicaciones, denominado CCIR, y es el encargado de definir las normas de transmisión y establecer la reserva de canales en el espectro radioeléctrico para cada tipo de transmisión a nivel mundial y nacional, y, así, disipar cualquier disputa al respecto entre países, en estos días menores pero que fueron muy intensas en otras épocas.

3.1. Sistemas y formatos de producción audiovisual

En el seno del CCIR se creó un grupo de trabajo, el 601, cuya tarea consiste en aunar criterios y dictar normas de uso común para la grabación de vídeo, con el fin último de normalizar la fabricación de equipamientos audiovisuales ante los constantes avances tecnológicos y la multiplicación de formatos. El CCIR 601 solo es el eslabón final de un sistema industrial de I+D+i en el que tienen gran poder de decisión corporaciones con intereses globales como Sony, Panasonic, JVC, Thomson, etc., agrupadas en entidades diversas y grupos de trabajo, como las mencionadas DVB y MPEG, cuyos desarrollos tecnológicos imponen sus propias estrategias industriales y de *marketing* en el mercado de equipamientos audiovisuales. El CCIR 601, por tanto, solo recoge el trabajo de terceros en un intento de hacer factibles y razonables los sistemas de equipamientos audiovisuales en el entorno de los sistemas de telecomunicación mundiales. Pero con un poder real limitado, pues es el propio mercado y las propias multinacionales del sector las que dictan la dirección de los cambios tecnológicos en función de sus intereses, especialmente en el ámbito de los equipamientos y tecnologías de producción audiovisual.

En lo relativo a los formatos y sistemas de vídeo, lo que se ha hecho desde la UIT y el CCIR 601 es sintetizar los aspectos genéricos de los nuevos equipamientos tecnológicos en desarrollos normativos que dan lugar a tres niveles diferentes de producción en función de la codificación del color que se realice, y que corresponden con los establecidos desde DVR y, al promulgarlos en su seno, se les da carácter de norma global.

El primero de ellos es la denominada norma CCIR 601 4:4:4, en la que se establecen las características de un formato de vídeo por componentes, RGB o Y, R-Y y B-Y,

que permite la máxima calidad y el copiado sin pérdida, pues no tiene compresión alguna, pero a costa de un elevado flujo de datos, 249 Mb/sg a 8 bits por canal, lo cual supone que cada segundo ocupa aproximadamente 31 Mb.

El segundo desarrollo normativo, y el más utilizado, define un formato de menor calidad pero apto para el mercado de producción profesional y de estudio que se conoce como CCIR 601 4:2:2. A diferencia del anterior, utiliza la mitad de información para muestrear el color en relación a la señal de luminancia, de modo que aprovecha las características de la percepción que permiten disminuir el flujo de datos sin pérdidas apreciables de calidad colorimétrica, y así se reduce significativamente el volumen de datos.

La tercera norma promovida en el seno de la UIT por este grupo de trabajo se denomina CCIR 601 4:1:1 o CCIR 601 4:2:0, en función de si está destinada a digitalizar la señal en el sistema americano NTSC o europeo PAL, respectivamente. Es idónea para el mercado doméstico y para aplicaciones de periodismo electrónico, pues aunque se produce una disminución apreciable de la calidad colorimétrica de la imagen el reducido flujo de datos que necesita, 25 Mb por segundo, permite la fabricación de equipos audiovisuales de muy bajo coste y muy versátiles.

Entre las patentes más implantadas en el sector de producción audiovisual basadas en la norma CCIR 601 4:2:2 podemos encontrar equipamientos y sistemas de vídeo como, por ejemplo, Betacam Digital, del que ya hablamos, y que tiene como características específicas un ratio de compresión muy bajo, 1,77:1, que consigue con un algoritmo propio de Sony denominado BRR, Bit Rate Reduction, lo que permite un flujo de datos de solo 127,8 Mb/sg con muestras de 10 bits y cuatro canales de audio. Otros sistemas desarrollados con esta norma son los comercializados en competencia directa con Sony por Panasonic, el DVCPRO50, que consigue un flujo de 50 Mb/sg con un ratio de compresión de solo 3,3:1, o por JVC, el Digital-S, de menor calidad que los anteriores y que además compite con los nuevos formatos comercializados Betacam SX y Betacam MPEG-IMX, ambos igualmente de Sony y que integran algoritmos MPEG-2 con distintas tasas de compresión y destinados a específicos sectores de producción televisiva y videográfica de alta calidad.

Con la norma CCIR 4:1:1 o 4:2:2 podemos encontrar en el mercado los denominados sistemas DV, basados en el D7 promovido desde DVB, con compresión intra-frame de 5:1 y un flujo de 25 Mb por segundo, sistema que en el caso de Sony ha derivado a su formato propio DVCAM y HDV, que utilizan cintas ligeramente más anchas y en el caso de este último permiten una resolución mayor, y en el caso de Panasonic se han comercializado como DVCPRO25. El DV, genéricamente, es el que comercializan normalmente las marcas posicionadas exclusivamente en el mercado de consumo doméstico de vídeo digital, excepto algunos equipos que se están distribuyendo en fechas recientes basados en MPEG-4 que utilizan algoritmos de compresión como DivX o Xvid, que reducen enormemente el flujo de datos y permiten abaratar drásticamente los costes.

A continuación podemos ver la multiplicidad de formatos de vídeo existentes y sus diferencias específicas.

Formato	Tipo de cinta	Anchura de pista (µm)	Grabación imagen	Muestreo	Longitud de muestra	Tipo de compresión	Ratio de compresión	Flujo binario (Mbps)	Grabación de audio	Número de canales	Frecuencia de muestreo (kHz)	Longitud muestras
DV	1/4"	10	Componentes	4:2:0 PAL 4:1:1 NTSC	8	DCT Intracuadro	5:1	25	PCM	2/4	48/32	16/12
DVCAM	1/4"	15	Componentes	4:2:0	8	DCT Intracuadro	5:1	25	PCM	2/4	48/32	16/12
HDCAM	1/2"		Componentes	3:1:1	8	DCT Intracuadro	7,1:1	140	PCM	4	48	16
Betacam SX	1/2"	32	Componentes	4:2:2	8	MPEG 2	10:1	18	PCM	4	48	16
Betacam Digital	1/2"	21,7	Componentes	4:2:2	10	DCT Intracampo	2:1	95	PCM	4	48	20
D1	3/4"	45	Componentes	4:2:2	8	DCT Intracuadro	Sin compresión	175	PCM	4	48	20/16
D2	3/4"	39	Vídeo compuesto	17,72 MHz	8		Sin compresión	94	PCM	4	48	20
D3	1/2"		Vídeo compuesto	17,72 MHz	10		Sin compresión	94	PCM	4	48	20
D5	1/2"		Componentes	4:2:2	10	DCT Intracuadro	Sin compresión	270	PCM	4	48	20
D5 HD	1/2"		Componentes	4:2:2	10	DCT Intracuadro	4,5:1	270	PCM	8	48	20
D6	3/4"		Componentes	4:2:2	8	DCT Intracuadro	Sin compresión		PCM	2/12	48	20/24
DVCPRO (D7)	1/4"	18	Componentes	4:1:1	8	DCT Intracuadro	5:1	25	PCM	2	48	16
DVCPRO 50	1/4"	18	Componentes	4:2:2	8	DDCT Intracuadro	3,3:1	50	PCM	4	48	16
DVCPRO HD	1/4"		Componentes	4:2:2	8	DDCT Intracuadro	6,7:1	100	PCM	8	48	16
Digital S (D9)	1/2"	20	Componentes	4:2:2	8	DCT Intracuadro	3,3:1	50	PCM	2/4	48	16
D9 HD	1/2"		Componentes	4:2:2	8	DCT Intracuadro	3,5:1	100	PCM	4	48	16
IMX	1/2"		Componentes	4:2:2	8	MPEG-2	3,3:1	50	PCM	4	48	16

Ilustración 33. Sistemas de vídeo digital (E. Félix Molero)

También en el sector de alta definición se están produciendo importantes avances tecnológicos que permiten hacer posible la producción de cine digital.

Para este segmento del mercado específico Sony ha desarrollado el que ha denominado CineAlta, y ha comercializado equipos digitales de cámara con CCD que mantienen las dimensiones del fotograma de 35 mm, lo cual permite utilizar todo el sistema de lentes con montura PL de uso común en el cine tradicional, y una resolución de 1920×1080 píxeles para cada canal RGB, de modo que permite velocidades de grabación de entre 1 y 50 fps (*frames*, cuadros, por segundo) en formato 4:4:4 o 4:2:2 sobre cinta o disco duro. Por su parte, Panasonic ha optado por sistemas basados en tarjetas de memoria *flash* de 32 o 64 GB que permiten una alta velocidad de transferencia y hasta 64 minutos de grabación al utilizar el nuevo algoritmo AVC-Intra, basado en MPEG-4 y de altísima eficacia, llamando a su sistema Varicam/P2, y añadiendo además otras prestaciones a sus equipos de cámara como posibilidad de grabación de archivos MXF de datos para identificar las imágenes y conexión inalámbrica, USB, IEEE1394 y de red por cable que permiten una adecuada interconexión y altas tasas de transferencia de datos para el trabajo con sistemas informáticos de edición.



Ilustración 34. Cámara de cine digital y Varicam P2 de Panasonic

Pero la competencia es muy fuerte y otras empresas independientes como REDONE están desarrollando equipamientos de alta resolución en 4K y superiores, que están obteniendo importantes cuotas de mercado. A continuación podemos ver un cuadro comparativo de algunos de los equipamientos de cámara existentes en la actualidad.

Los Angeles - Chicago - New Orleans - Miami

2014 CAMERA COMPARISON CHART

www.cinaverse.net

Imager (Actual Size)	ISO	Latitude (Progressive Only)	Frame Rates on Recorded Media	Digital Sampling on Recorded Media	Recorded Bit Depth Format & Time	Data	Weight (Body Only)	Power	Highlighted Positives	Notable Credits	Average National Daily Rental (Body ONLY)
CMOS 31.4mm φ 27.7 x 14.6mm	800	12+	1-120 fps @ 5K 1-120 fps @ 4.5K 1-150 fps @ 4K 1-300 fps @ 2K w/ HDRx	5K FR: A2.1, 2.1, 2.4, 3 4.5K, 2.4, 3 4K: 6.6, 4.6, A2.1, 2.1 2K: 3.6, A2.1, 2.1 1080 & 720: 1.6, 9	12 Bit RECOCODE - 5K FF @ 7:1 128GB SSD - 40 min 256GB SSD - 80 min (HDRx cuts time in half)	3.2 GB per Minute 5 lbs 60W	5 lbs 60W	Soft Contained - Ideal for 3D HDR, High Dynamic Range Established 180 degree Modular Design High Frames per second	Great Gatsby? Hobbit? House of Cards Justified	\$1,000	
190:1											
CMOS 27.3mm φ 24.6 x 13.8mm	850	12	24p, 25p, 30p, 50i, 60i @ HD @ 4K to External Recorder	1920 x 1080 Output: 2K & 4K to External Recorder	8 Bit MPEG2-4:2:2 MXF 64GB CF - 160 min @ 24fps	0.4 GB per Minute 4 lbs 11.4W	4 lbs 11.4W	4K Output w/ External Recorder 7- or 8' mount High Dynamic Range Small Self Contained Ideal for 3D	Need for Speed Armilyville Horror: The Last Tapes Fathers & Daughters	\$900	
16:9											
CMOS 27.4mm φ 24 x 12.7mm	2000	14	24, 25, 30, 50, 60 1-360fps @ 2K & HD 1-240fps @ 2K RAW 1-60fps @ 4KRAW	2K 1920 x 1080 Output: 4K to External Recorder	10 Bit YAVC & SR-SQ & Lite 128GB SSD - 71 min 4K FR: RAW to External Recorder	1.8 GB per Minute 5 lbs 25W	5 lbs 25W	Light Weight & Small profile Good low light performance 2K Mode Uses Full Image Sensor Wide Latitude & Color w/ S-log3 180fps Recording with S8 media	Man from Reno Paris Ultraman The Voice Amazing Race	\$450	
17:9											
CMOS 27.3mm φ 24.6 x 13.8mm	850	12	24, 25, 30 fps @ 1080	1920 x 1080	8 Bit MPEG2-4:2:2 MXF 64GB CF - 160 min @ 24fps	0.4 GB per Minute 3.2 lbs 11.4W	3.2 lbs 11.4W	Incredible Low Light Performance Small Size C-Log Workflow Dual Pixel Auto Focus (8 Version Only)	The Green Inferno Blue Ruin La vie d'Adèle	\$450	
16:9											
Full Aperture 31.1mm φ 24.9x18.7mm	500	15-16	1-60fps Uncompressed (no sensor)	6K - 4K - 2K Uncompressed	16 Bit (Linear) 2P 22min:12s, 1000' 3P 14min:48s, 1000' 4P 11min:06s, 1000'	25 lbs 480 lbs 28 lbs 100W	480 lbs 28 lbs 100W	4.4:4 Color Sampling Established Workflow Wider Available Latitude Proven Archival Value	12 Years o Slow King's Speech Cloud Atlas Silver Linings Playbook	\$1,000 w/Maps	
4:3											
CMOS 31.7mm φ 27.6 x 15.5mm	800	12	1000fps @ 4K 2000fps @ 2K 2000fps @ 1080	CineMag IV 4096 x 2304	12 Bit - RAW 64GB Internal RAM 4.7s @ 1000fps - 4K @ 1000fps	750GB per Minute 13 lbs 110W	13 lbs 110W	High Resolution for Repointing Sync Sound also works in 24fps Familiar User Interface Attachable On-board Battery	Carerra Newly Released Credits Garryn Soon	\$5,500 w/ 2TB CineMag \$3,500 Camera Only (64GB)	
CMOS 30.1mm φ 25.6 x 16mm	1250	10	1-1617 fps @ 2560x1440 1-2564 fps @ 1920x1080	2560 x 1440 Uncompressed RAW 1920 x 1080	12 Bit - RAW 32GB Internal RAM 4.5s @ 2500fps 512GB CineMag 1-11:46 @ 2500fps @ 1000fps	170GB per Minute 12 lbs 100W	12 lbs 100W	Efficient Professional Workflow Industry Standard Low Light Performance Uncompressed RAW 4.4:4 Output	Goddzilla (2014) Gangster Squad Iron Man 3 Rush Camera Only (64GB)	\$5,000 w/ CineMag \$3,000 \$3,000 Camera Only (64GB)	
CMOS 27.6mm φ 19.2 x 12mm	1100	10	1-1540 fps @ 1920x1080	1920x1080 Uncompressed RAW 1920 x 1080	12 Bit - RAW 12GB Internal RAM 3.2s @ 1000fps 240GB CineFlash 78s @ 1000fps @ 1000fps	225 GB per Minute 3 lbs 30W	3 lbs 30W	Small size Economic Low Cost RAW Memory	Too Cure? Saturday Night Live Ralph Lauren Commercials	\$1,400 w/ CineFlash \$3,400 (64GB Maps)	

Camera must be for sale and rent | Data based on 24fps and highest internal record | Sorted by Price

© CINVERSE 2014

Ilustración 35. Equipamientos de la cámara

3.2. La postproducción audiovisual

Los procesos de edición tradicionales de producción profesional de cine suponían un alto coste en tiempo y recursos, y obtener la edición final o *master* resultaba muy engorroso y poco práctico.

De igual manera, los procesos híbridos que han servido de transición entre el cine en soporte fotoquímico y el cine digital durante los últimos años presentan una complejidad, tal como vemos a continuación, que no facilita el trabajo. El sonido, por su parte, sí es necesario registrarlo con los procedimientos tradicionales y luego sincronizarlo en postproducción pero el registro de imagen ya se realiza hoy en día por medio de sistemas digitales 4K y 8K, con calidad y costes de grabación mucho más competitivos en relación a los clásicos con tecnología fotoquímica y por ello se está imponiendo con fuerza en todos los ámbitos de la producción cinematográfica.

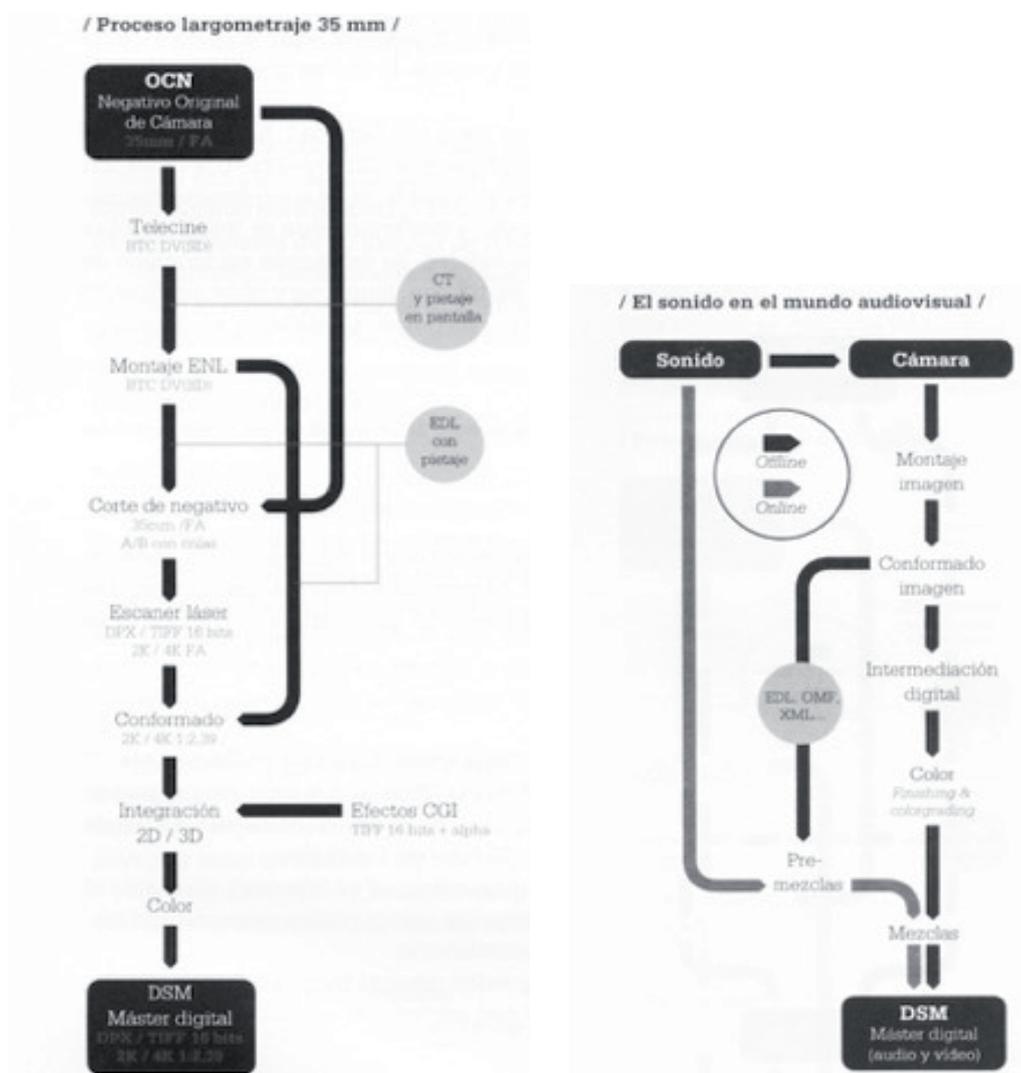


Ilustración 36. Sistemas híbridos de cine fotoquímico-digital

En la actualidad, el flujo de trabajo de postproducción para cine y vídeo íntegramente digital, en su configuración más simple, es el que podemos ver a continuación ejemplificado para el trabajo con cámaras REDONE a 2K/4K y FinalCut. Primero, se realiza un proceso de captura o ingesta de los datos registrados en la cámara para, posteriormente, realizar la edición propiamente dicha y, luego, el etalonaje o adecuación colorimétrica para, finalmente, obtener una copia máster en los formatos que se requieran.

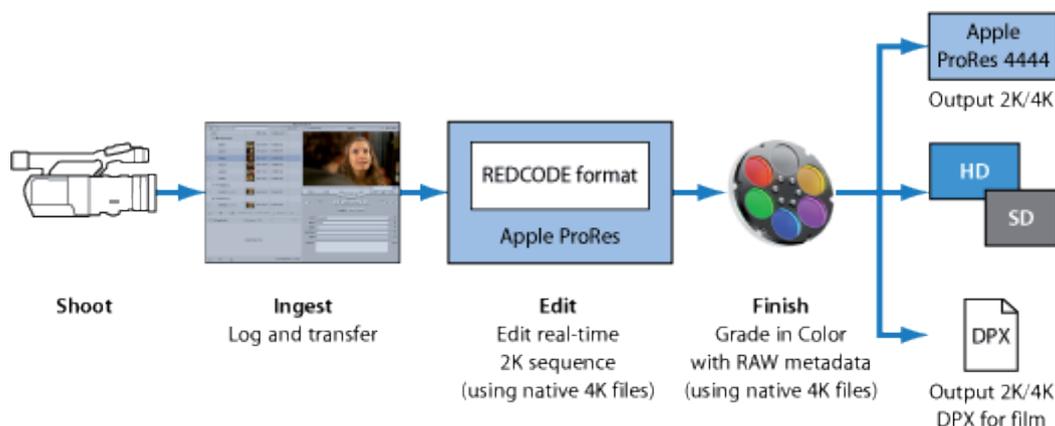


Ilustración 37. Flujo de trabajo en postproducción

Los actuales sistemas, además, permiten el trabajo en grupo y aumentan la productividad de manera notable, de modo que facilitan multitud de operaciones de edición y tratamiento de imagen. La salida del sistema de edición permite grabación en múltiples formatos, incluidos los clásicos de cinta u otras modalidades de distribución como, por ejemplo, *webcast* o *IPTV*, en función de las prestaciones del sistema y, como no, de su coste.

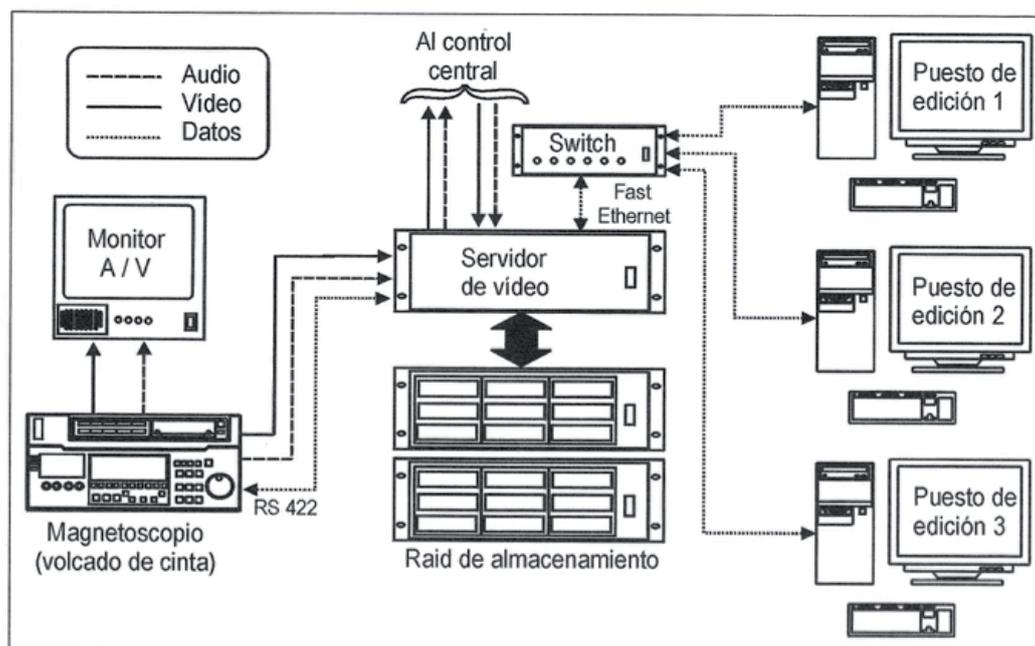


Ilustración 38. Sistema digital basado en servidor (E. Félix Molero)

Entre los programas informáticos de edición más populares se encuentra *FinalCut*, que junto a *Avid* y, en menor medida, *Premiere*, dominan el mercado de la edición profesional de vídeo. Cualquier sistema de postproducción digital funciona atendiendo al esquema de trabajo con clips que vemos a continuación.

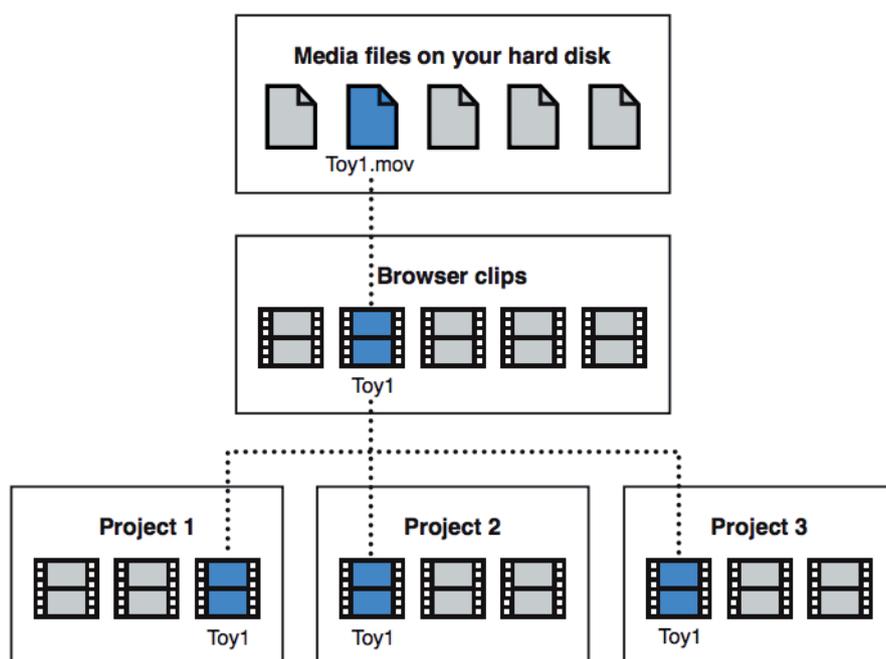


Ilustración 39. Sistema de trabajo con clips

Y este es el aspecto que ofrece la interfaz del programa Final Cut X, similar a las de otros programas, y que puede ser configurada con gran flexibilidad en función del tipo de edición a realizar.



Ilustración 40. Interfaz de Final Cut X

En cualquier flujo de trabajo de posproducción, la corrección de color suele ser uno de los últimos pasos en el acabado de un programa editado. Existen numerosas razones para corregir el color:

- Asegurarse de que los elementos clave fotográficos como los tonos de piel, tienen el aspecto que deben tener.
- Equilibrar todos los planos de una escena para que se correspondan.
- Corregir los errores de equilibrio de color y exposición
- Conseguir un aspecto, como hacer las escenas más frías o cálidas.
- Crear contraste o efectos especiales manipulando los colores y la exposición.

El proceso se puede realizar de manera más o menos automatizada o manual, con herramientas de corrección de color que proporcionan un control preciso sobre el aspecto de cada clip del proyecto, de modo que permiten ajustar el equilibrio de color, los niveles de sombras, los niveles de tonos medios y los niveles de las zonas claras de cada uno de los clips.

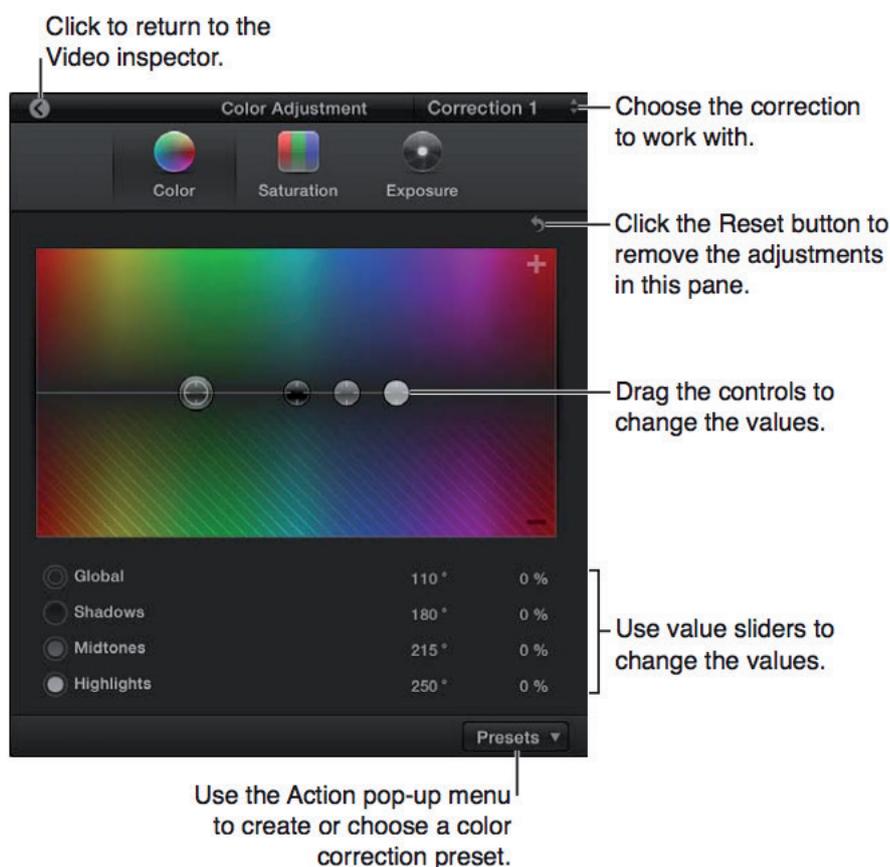


Ilustración 41. Corrección de color con Final Cut X

Finalmente, una vez terminada la edición y conformado el color del proyecto, no queda más que elegir el dispositivo al que está destinado para generar el archivo adecuado a cada forma de distribución.

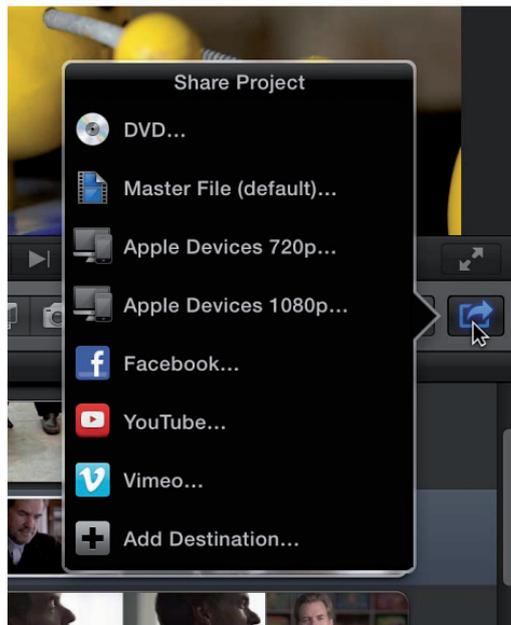


Ilustración 42. Formatos de distribución usuales en Final Cut X

3.3. Producción en estudio. El plató

Los sistemas de producción audiovisual en estudio, tal como vemos a continuación, permiten el tratamiento integral de la señal digital desde la captación hasta la emisión, estableciendo para ello sistemas funcionales basados en equipamiento informático interconectados mediante redes de datos y servidores para el almacenamiento y archivo. De esta manera, se facilita el trabajo en grupo y la accesibilidad inmediata y se hace un uso eficiente de las múltiples posibilidades de tratamiento audiovisual que ofrecen los entornos digitales, con significativos aumentos en la productividad y disminución en costes.

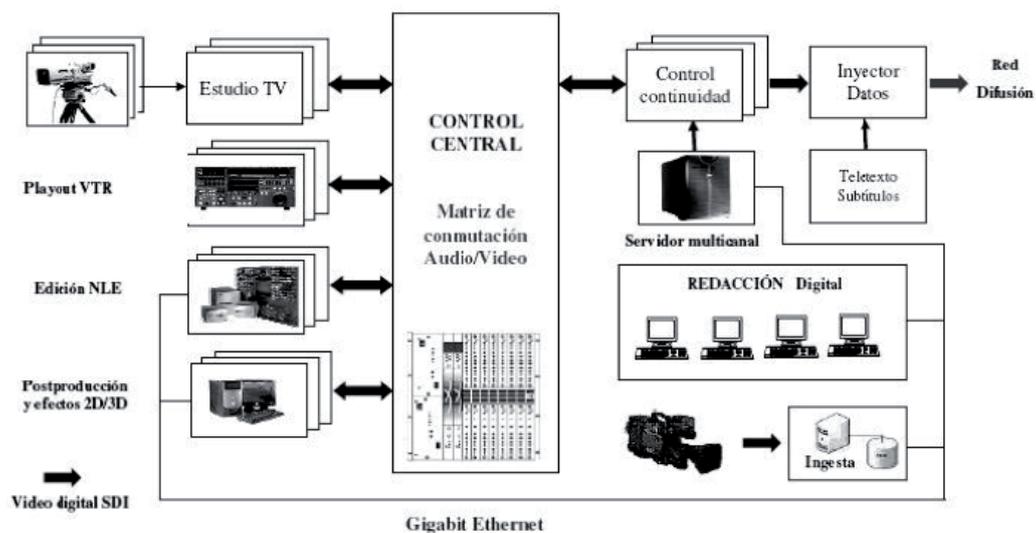


Ilustración 43. Centro de producción digital de TV

Los equipamientos necesarios para la realización de programas en plató en un centro de producción de televisión, tal como podemos observar en el esquema siguiente, son de cuatro tipos: los utilizados para la captación de la imagen y los necesarios para adecuar las condiciones de iluminación para que esta sea posible; los empleados para el registro del sonido; y, finalmente, los equipamientos de interconexión y comunicación.

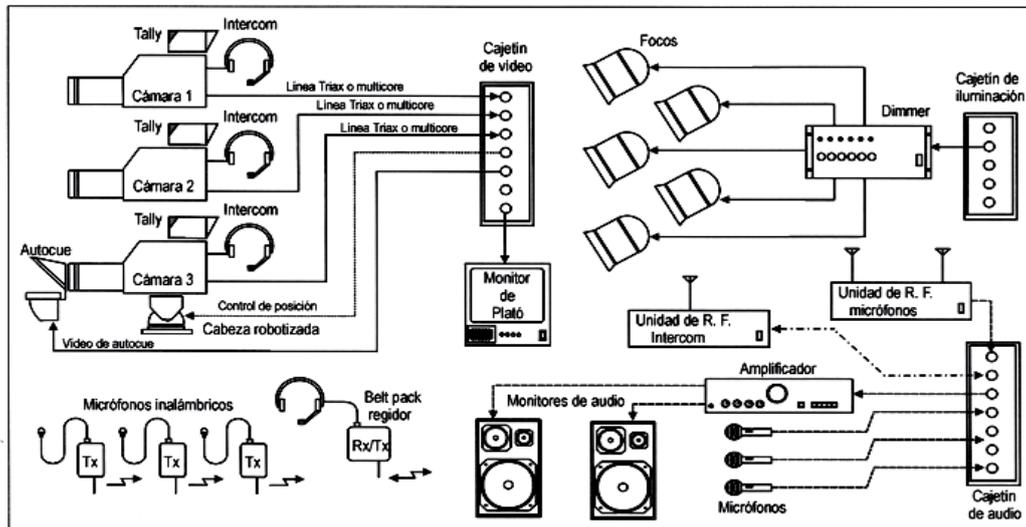


Ilustración 44. Equipamiento de plató de TV (E. Félix Molero)





Ilustración 45. Plató de TV Labcom UJI y equipamientos producción en estudio

A la sección específica del control de producción destinada al control de la imagen, tal como vemos a continuación, llegan las fuentes de imágenes a un distribuidor, llamado *patch panel*, bien desde señales directamente captadas en plató desde las *CCU* (*Camera Control Unit*), equipamientos utilizados para la operación remota básica y control de la señal de vídeo de cada una de las cámaras que operan en plató, o bien desde los reproductores en los que se han insertado imágenes pregrabadas. Las señales se monitorizan, tanto en el visionado de la imagen en monitores convencionales como en su representación como señal de vídeo en el osciloscopio y vectorscopio, equipamientos específicos para la medida y control técnico de la calidad de la señal, y se encauzan hacia una matriz de conmutación, la mesa de mezclas, a cuya salida obtendremos una única señal de vídeo resultante de la selección y/o conjunción de una o algunas de las señales de entrada.

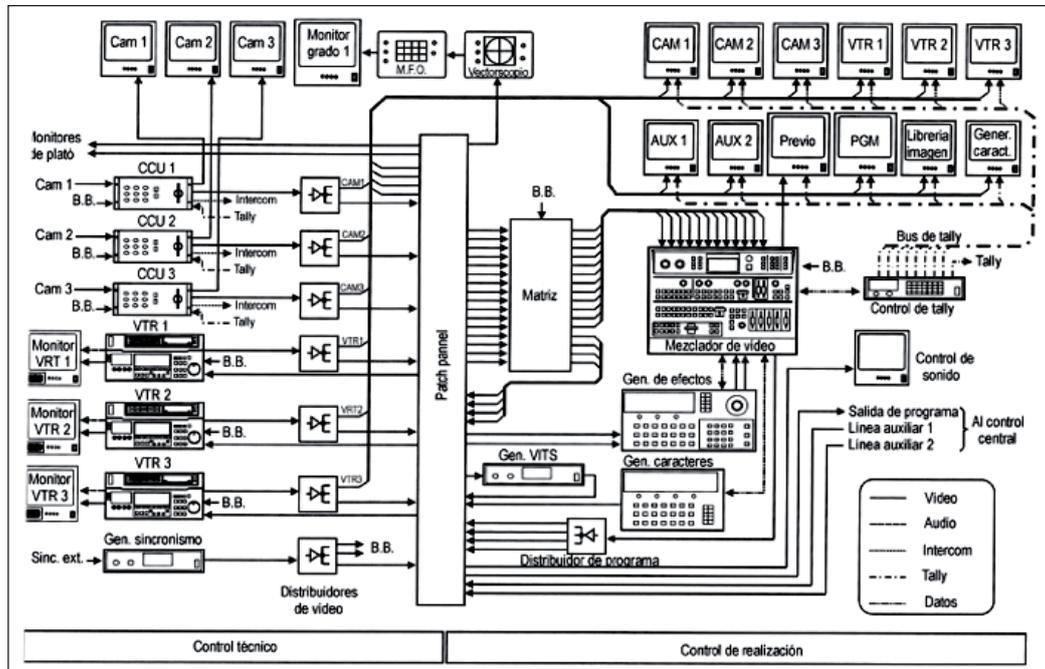


Ilustración 46. Control de producción de vídeo (E. Félix Molero)



Ilustración 47. Sala de control

Como vemos de manera muy esquemática, en una mesa de mezclas de imagen encontramos diversas entradas de vídeo que pueden mezclarse o direccionarse de manera individual hacia la salida, también llamada señal de programa, indicando, si se

trata de una cámara, su activación y entrada en programa con una señal de retorno llamada *tally*. A cualquier entrada de vídeo, sea de cámara o pregrabada, se le pueden insertar caracteres y efectos especiales mediante procesos de Key o DSK, que permiten que partes de la imagen sean sustituibles por otra en función de su similitud cromática o lumínica, a veces utilizando equipamientos externos específicos para ello, aunque cada vez con más frecuencia todas las funciones de tratamiento están integradas en entornos informáticos que incluyen múltiples opciones de mezcla y efectos.

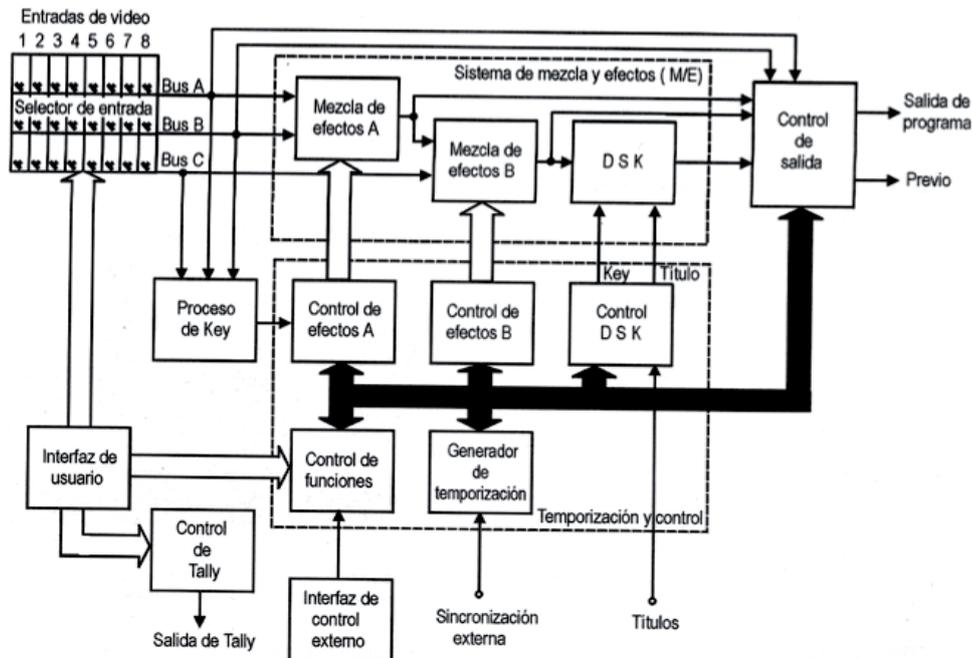


Ilustración 48. Mezclador de imagen (E. Félix Molero)

Para el control y tratamiento del sonido, de manera similar, cada una de las diversas fuentes se dirige hacia una mesa de mezclas para obtener una señal única de audio de programa una vez realizado su procesamiento, a veces utilizando equipos auxiliares, aunque suelen estar integrados en las mesas de mezcla digitales.

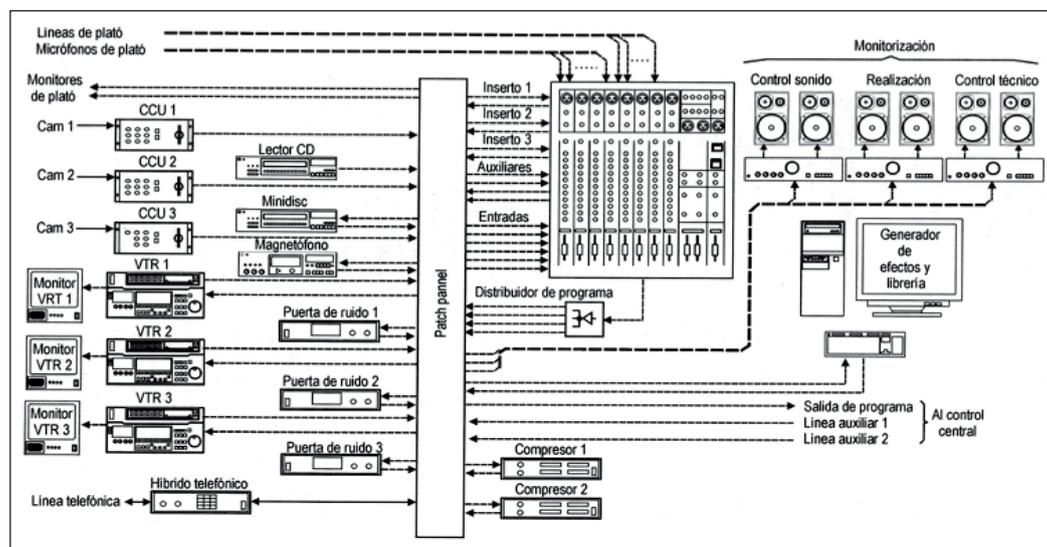


Ilustración 49. Control de producción de audio (E. Félix Molero)

En definitiva, en una mesa de mezclas como las que podemos encontrar en la actualidad, y en cualquier sistema de producción digital, convergen las diferentes señales de entrada que se monitorizan y mezclan para obtener una salida de programa, haciendo uso de conexiones de alta velocidad y fiabilidad, que permiten el trabajo eficiente con cualquier tipo de fuente de entrada y señal digital.

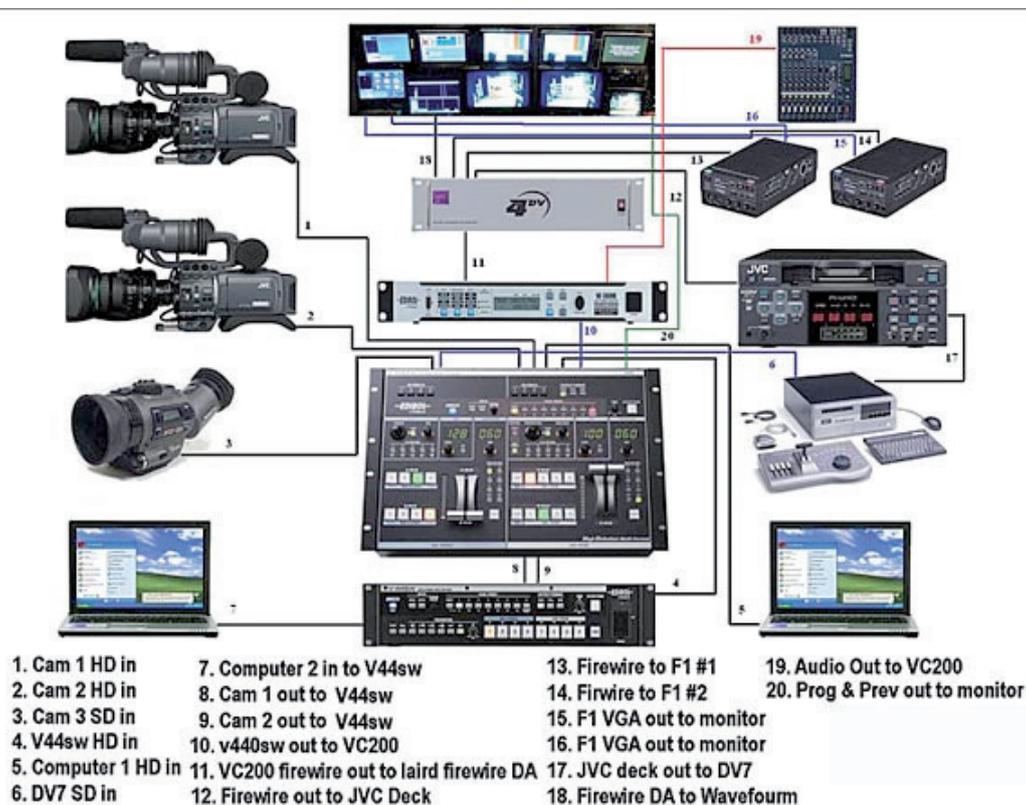


Ilustración 50. Sistema de producción de imagen digital en estudio

Los sistemas integrales de mezcla y tratamiento de imágenes en soportes informáticos, además al permitir gestionar multitud de fuentes, introducen facilidades de titulación, efectos especiales y control de calidad de la imagen con un mismo software cada vez más sencillo de utilizar y efectivo.

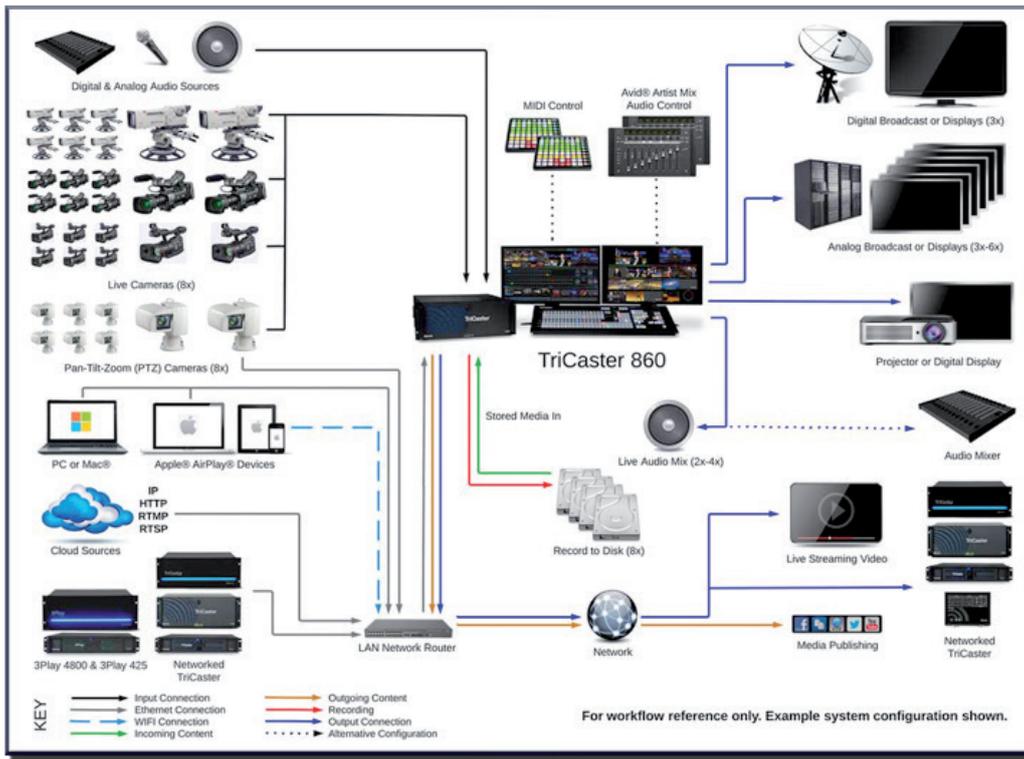


Ilustración 51. Flujo de trabajo con la mesa de mezclas TriCaster 860



Ilustración 52. Mezcla y tratamiento de imagen digital (Tricaster)

De similar manera, el control del estudio se está informatizando, especialmente para la creación de escenografías virtuales que permiten el diseño de ambientes altamente atractivos a partir de imágenes de síntesis desarrolladas con facilidad en entornos gráficos 3D. Los sistemas de escenografía virtual se pueden incluso complementar con equipamientos robotizados para el control de cámaras que permiten su operación automatizada o manual completamente a distancia, especialmente usados en distintos tipos de programas del género informativo.

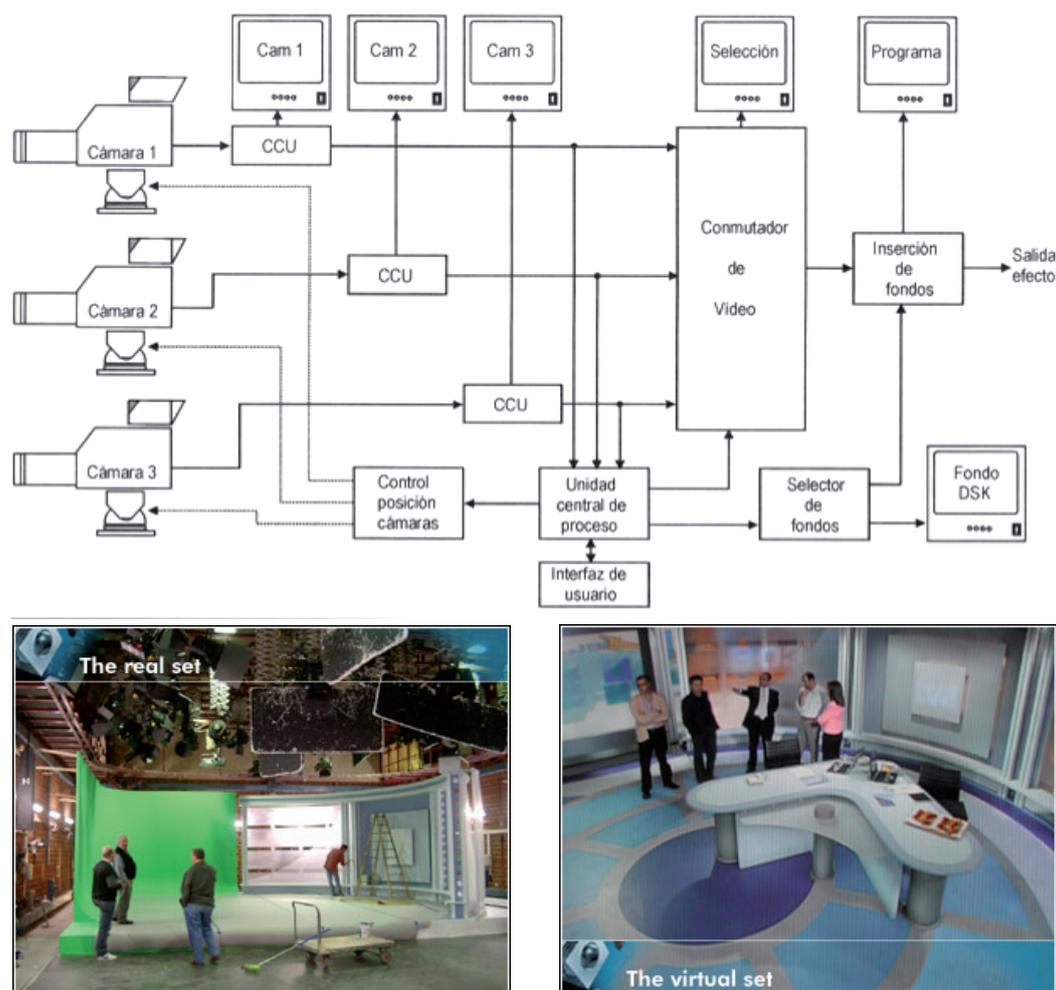


Ilustración 53. Escenografía virtual (Brainstorm)

En los centros de producción de televisión, dos de los aspectos más críticos son la adecuación técnica y la sincronización de señales procedentes de diversas fuentes y es común encontrar un control técnico centralizado, en el que se integran y redistribuyen las señales procedentes tanto del propio centro de producción, que puede tener varios platós, como las recibidas desde enlaces externos. También sirve también para realizar conversiones entre formatos y copias. Además de ello, suele haber una sección específica dedicada a la emisión y recepción de señales diversas, entre ellas las destinadas a la emisión de TDT que veremos en el siguiente epígrafe.

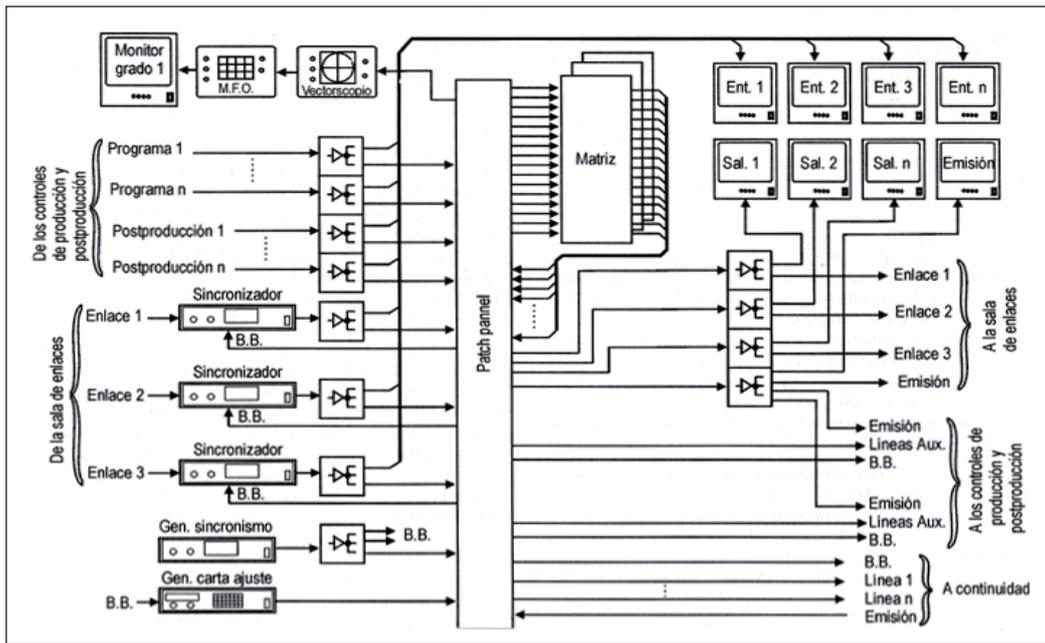


Ilustración 54. Control central técnico (E. Félix Molero)

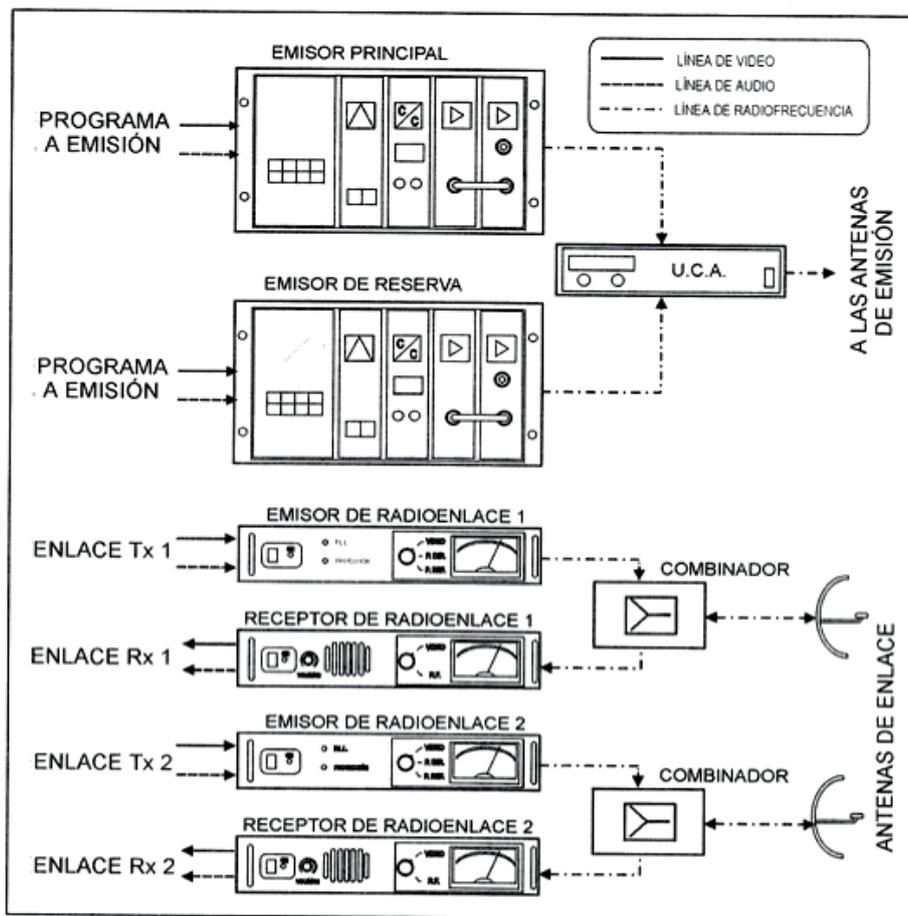


Ilustración 55. Sala de enlaces (E. Félix Molero)

La emisión de televisión se realiza desde el departamento de continuidad, que dispone de sistemas informáticos que permiten situar en el flujo de emisión fuentes de todo tipo de procedencias y características.



Ilustración 56. Continuidad automatizada (VectorBox)

La sala de enlaces, por un lado, alberga los emisores, incluido al menos uno de reserva para evitar posibles cortes en la emisión de televisión, y, por otro, diversos receptores y emisores de señales de radioenlace para conexiones con unidades móviles o recepción de señales diversas. Una unidad móvil, como veremos a continuación, es la síntesis de una sala de control en estudio con capacidad para la producción y gestión autónoma de señales audiovisuales que se hacen llegar a los estudios centrales utilizando diversas redes y sistemas de transmisión.

En definitiva, las diferentes áreas de producción de televisión se intentan integrar al máximo para así automatizar todos los procesos con el fin de agilizar el flujo de trabajo. Como veremos a continuación, los sistemas de distribución audiovisual también se están digitalizando por completo para, de este modo, propiciar notables incrementos de productividad y mejorar la calidad final de los productos audiovisuales pero, sobre todo, para reducir de manera significativa los costes y así aumentar la rentabilidad del conjunto del sector industrial audiovisual.

TEMA 4

Sistemas de distribución audiovisual

Resumen

En este último tema del programa se estudian las nuevas formas de distribución audiovisual en salas cinematográficas así como las normas de emisión digital de televisión y las nuevas tendencias en transmisión de contenidos audiovisuales utilizando redes de comunicación. Finalmente, se analizan las características de los equipamientos actuales para la monitorización de vídeo y televisión y para la proyección cinematográfica digital.

4.1. La distribución de cine digital. El sistema DCI

La distribución audiovisual ha evolucionado mucho a lo largo de las últimas décadas como consecuencia de las nuevas formas de producción digital de contenidos, que permiten disponer de un máster digital, o DSM-Digital Source Master, que se puede transcodificar con facilidad a cualquier formato de distribución. De esta manera, tal como vemos a continuación, los contenidos audiovisuales, bien procedentes de una copia cinematográfica tradicional o bien de una copia digital (DCI-Digital Cinema Initiative), se pueden distribuir en diferentes formatos, en lo que se denomina distribución multicast, en función de si están destinados a un medio de difusión u otro, como puede ser la televisión digital, el visionado doméstico o la televisión por internet. Para ello, se codifican los contenidos con los códecs establecidos para ello atendiendo a las normas de difusión propias de cada medio de distribución.

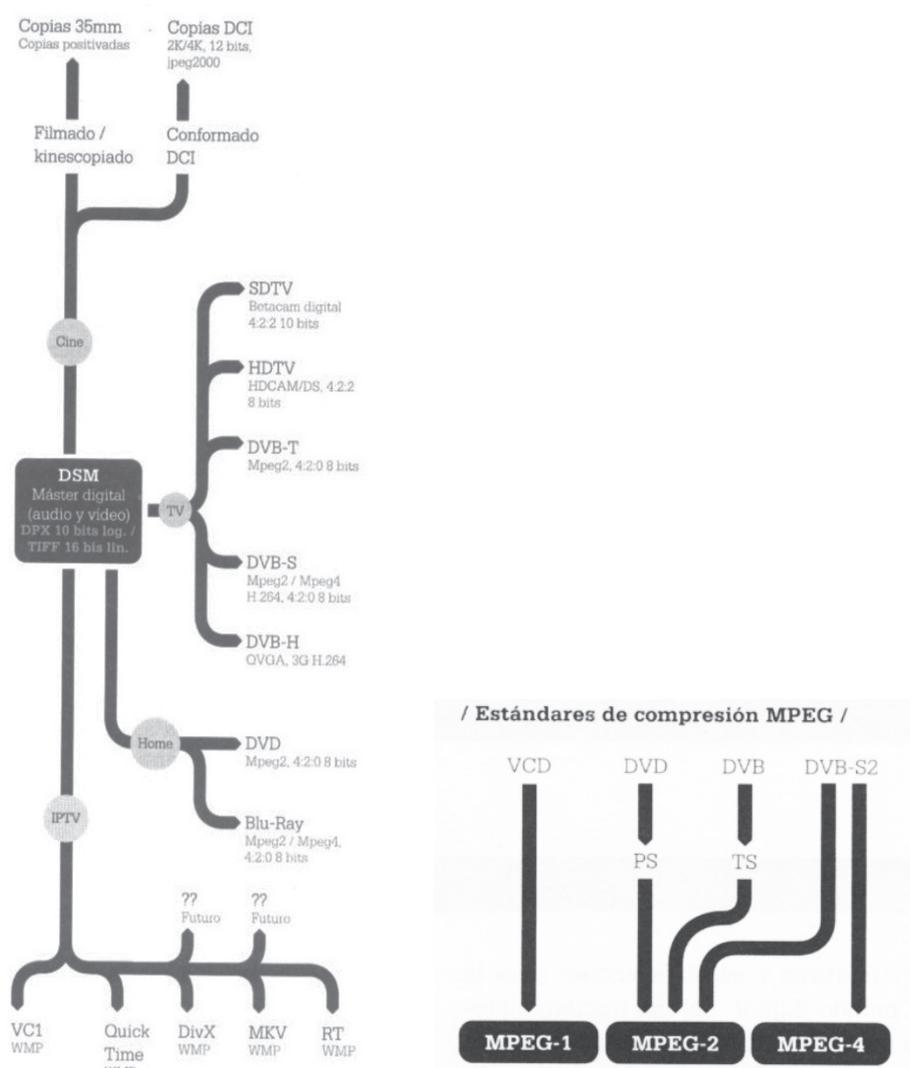


Ilustración 58. Distribución multicast (J. Carrasco)

En la actualidad, como se desprende del gráfico anterior y hemos comentado a lo largo de los temas anteriores, se está produciendo la rápida implementación de un

sistema de cinematografía digital que sustituye a los soportes y procedimientos de producción propios de la tecnología fotoquímica tradicional.

Las propuestas de normalización de la cinematografía digital han partido, como hemos comentado para otros ámbitos audiovisuales, de la propia industria de producción y distribución de contenidos. Agrupados en torno a la denominada Digital Cinematography Initiative, empresas como Sony, Walt Disney, MGM, Warner, Paramount, Fox y Universal Studios, iniciaron hacia el año 2002 los trabajos para desarrollar un formato estándar para el cine digital y, desde entonces, han ido implementando las sucesivas versiones de la norma DCI, de amplio uso hoy día en todo el sector cinematográfico para la distribución de contenidos.

El sistema de distribución de cine digital, tal como en la actualidad se ha establecido siguiendo las normas DCI, se puede esquematizar tal como vemos a continuación.

/ Flujo de trabajo del cine digital /

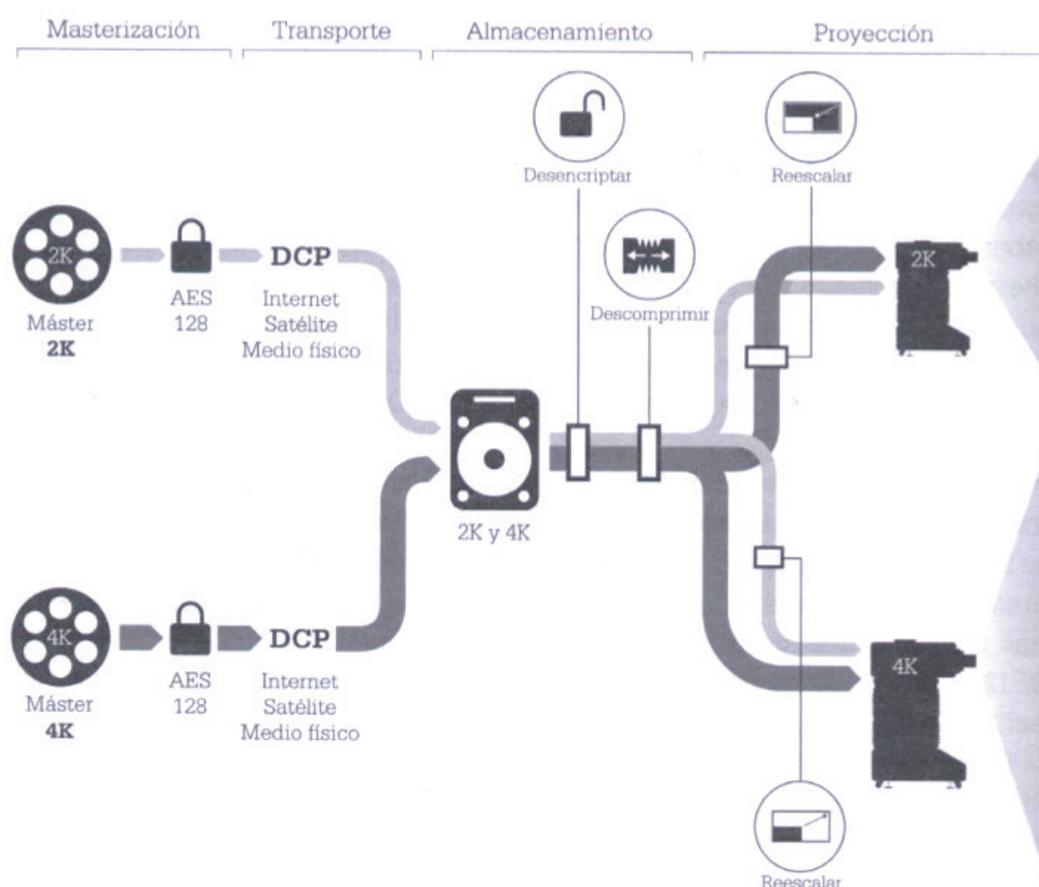


Ilustración 59. Distribución de contenidos cinematográficos

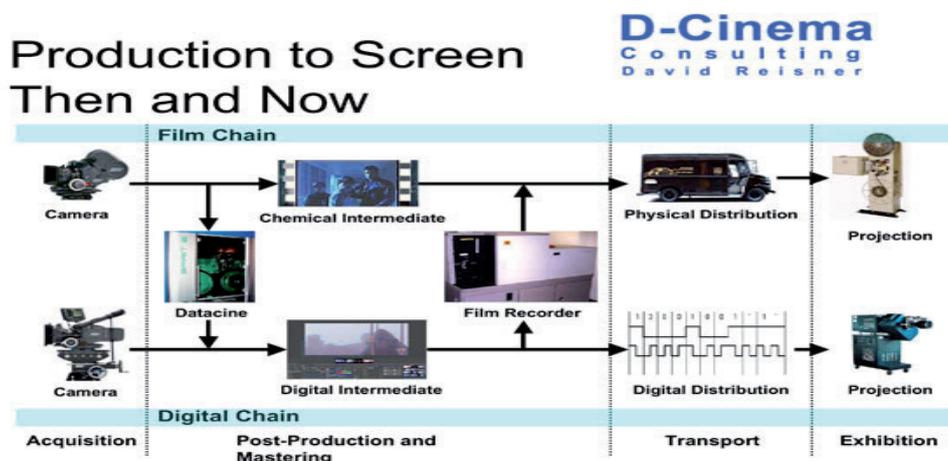
En este sentido, las especificaciones DCI establecen la resolución, profundidad de color, relación de aspecto, cadencia y sistema de compresión que determinan un nivel óptimo de calidad y que son las siguientes.

- Para digitalizar un negativo de 35 mm, que tiene 150 líneas de resolución por milímetro y una profundidad de color equivalente a 13 bits por canal. Se

necesita utilizar una mínima resolución de 2K y 8 bits, aunque es preferible que sea 4K o superior.

- El sistema DCI determina la forma en que se ha de codificar el archivo DSM (Digital Source Master) original, para convertirlo en un archivo DCMD (Digital Cinema Master Digital) que siguiendo la norma debe estar sin comprimir. Después ese DCMD se convertirá en un DCP (Digital Cinema Package) con compresión y de ahí se podrán distribuir las copias DCI aptas para su proyección en las salas digitales.
- DCI determina las resoluciones y relaciones de aspecto siguientes 4K: 2,39 (4096 × 1716) / 1,85 (3996 × 2160) y 2K: 2,39 (2048 × 858) / 1,85 (1998 × 1080).
- La cadencia de la imagen se establece en 24 fps, en 2K se da la posibilidad de 48.
- El sonido se registra en un máximo de dieciséis canales y con una velocidad de muestreo de 48 o 96 kb/s.
- La norma DCI establece para el archivo DCP una compresión intraframe basada en JPEG2000.
- El volumen de datos máximo se establece de este modo en 1.302.083 Bytes/fotograma, de manera que tres horas ocupan aproximadamente 200 TBytes.
- En la codificación de las copias para su distribución y proyección se establece un sistema de seguridad mediante encriptación KDM (*Key Delivery Manager*).

Como resultado de ello, y tal como veremos a continuación, el sistema de cinematografía digital actual hace un uso eficiente de las tecnologías de producción y establece estrategias de distribución de contenidos audiovisuales que facilitan su disponibilidad en las salas de proyección con unos estándares de calidad óptimos.



Copyright © 2008, David Reisner, D-Cinema Consulting. All Rights Reserved.

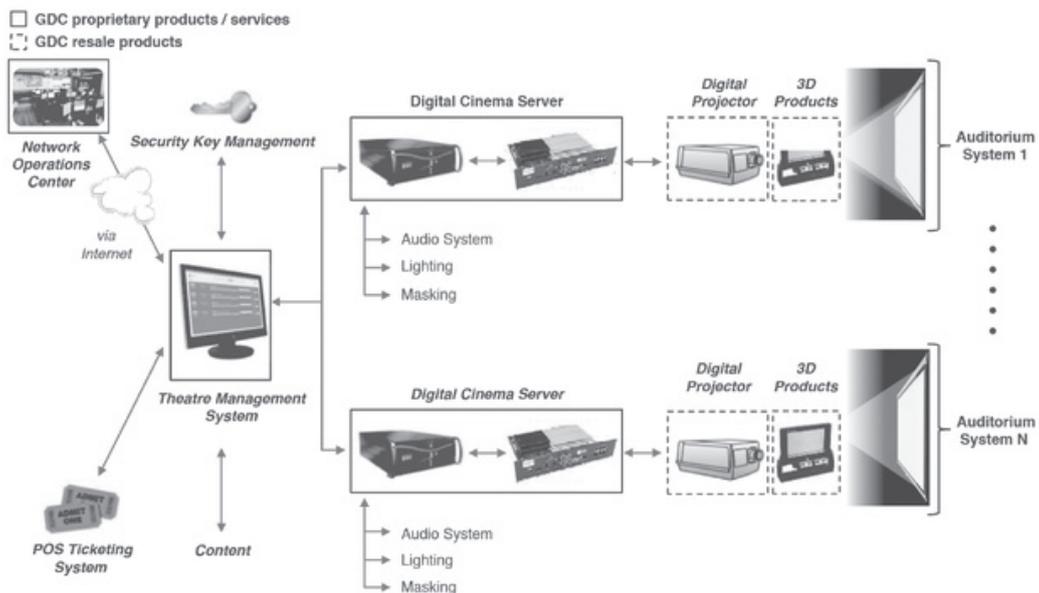
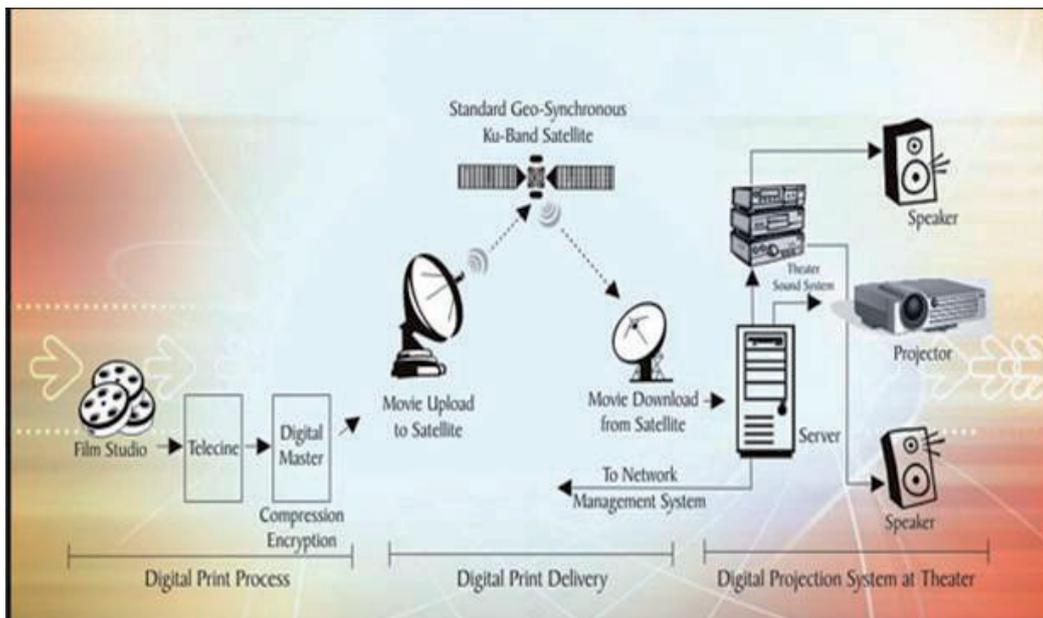


Ilustración 60. Sistema de distribución de cine digital (J. Carrasco)

La tendencia, tal como venimos insistiendo, es aumentar la eficiencia de todo el modelo de producción y distribución de contenidos de manera que, el sistema alcance la máxima productividad. Para ello, se utilizan servidores de alta capacidad y las redes de transporte de señal digital existentes para facilitar así la disponibilidad de contenidos de calidad cinematográfica en las pantallas de las salas de proyección para, en definitiva, mejorar las audiencias y aumentar la rentabilidad de la industria cinematográfica.

4.2. Sistemas de televisión digital. Normas de transmisión

La televisión, tal como hemos estudiado, no es más que un sistema de transmisión que atiende a unas normas determinadas para la conformación de la señal de vídeo y que, hasta fechas recientes, se ha realizado utilizando sistemas analógicos como PAL, NTSC o SECAM, ya sustituidos hoy día por los nuevos sistemas de transmisión digital de televisión.

La transmisión de televisión se sigue realizando, mayoritariamente, por medio de ondas electromagnéticas y utilizando el espectro radioeléctrico, en el que, como vemos a continuación, se han reservado determinados rangos de frecuencia para la televisión, específicamente en la banda que va desde los 30 Mhz a los 3 Ghz.

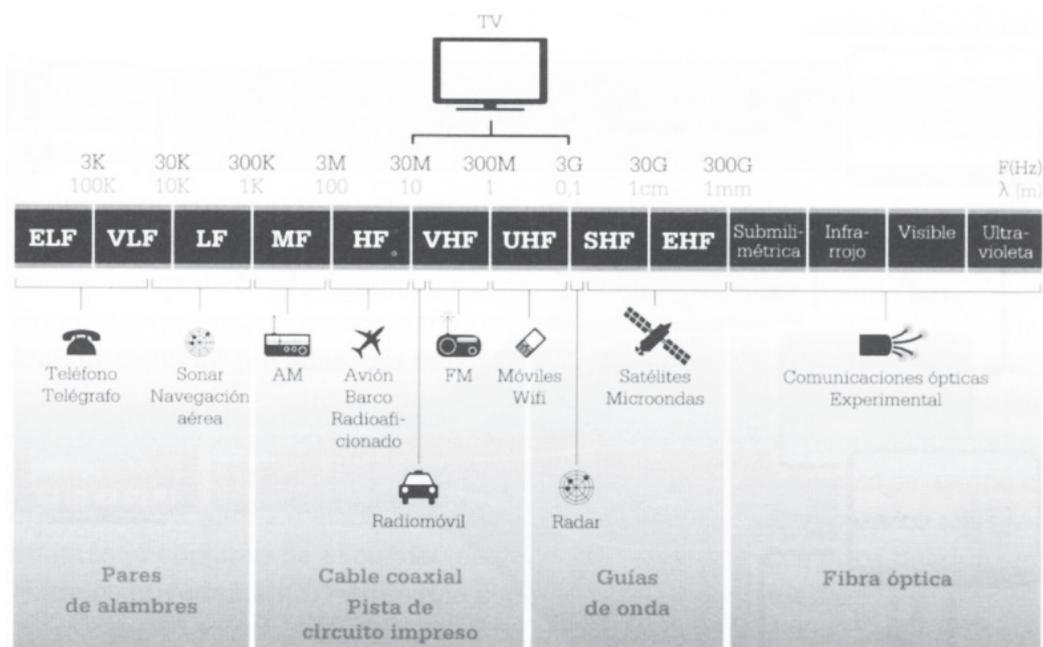


Ilustración 61. Rango de frecuencias para la emisión de televisión (J. Carrasco)

Sin embargo, a diferencia de como se venía realizando hace unos años, esa transmisión ya no se codifica a partir de una señal analógica, si no que la portadora es modulada a partir de una señal que solo tiene dos valores posibles, 0 y 1, es decir, de una señal digital. La transmisión se sigue haciendo de manera similar, como veremos más abajo, pero la información que contiene la señal transmitida está codificada digitalmente.

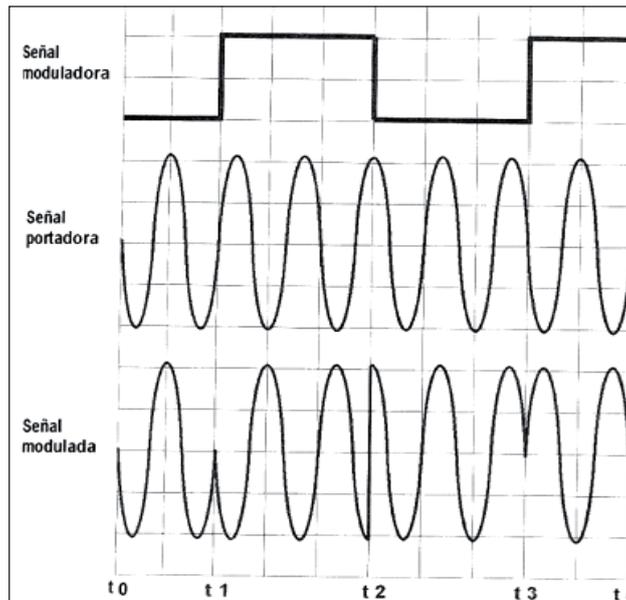


Ilustración 62. Señal digital de televisión (E. Félix Molero)

En este sentido, y tal como venimos comentando con respecto a la distribución cinematográfica, en lo relativo a la distribución televisiva también en fechas recientes ha culminado la transición desde la televisión analógica a la digital, por lo que podemos considerar que el sector de la distribución de contenidos está enteramente digitalizado.

El sistema de televisión digital podemos entenderlo, tal como se muestra en el siguiente esquema, como un conjunto de modalidades de transmisión que incluye el uso de satélites, infraestructuras para la transmisión de ondas terrestres por cable y redes informáticas de telecomunicación. Para cada una de las modalidades, se realizan procesos específicos de codificación y compresión de la señal siguiendo las especificaciones de las normas correspondientes a cada sistema de distribución.

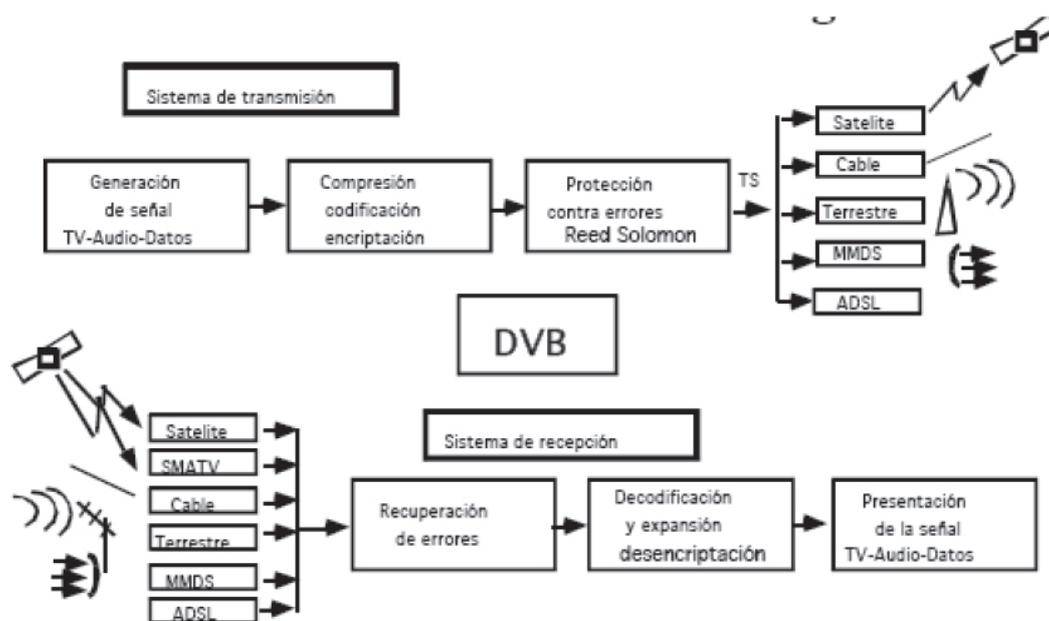


Ilustración 63. Distribución de TV Digital

Para la transmisión de la televisión digital por ondas terrestres se desarrolló la norma DVB-T, o TDT, que utiliza la modalidad de transmisión COFDM (*Orthogonal Frequency Division Multiplexing*), y establece canales con un ancho de banda de 8 Mhz y un flujo de datos de 16 Mb/s y un tipo de codificación 4:2:2 y compresión MPEG2. Con ello se pueden emitir con calidad óptima hasta cuatro programas en un solo canal de los utilizados hasta hace poco para televisión analógica, de forma que se multiplica notablemente la oferta de canales de televisión digital.

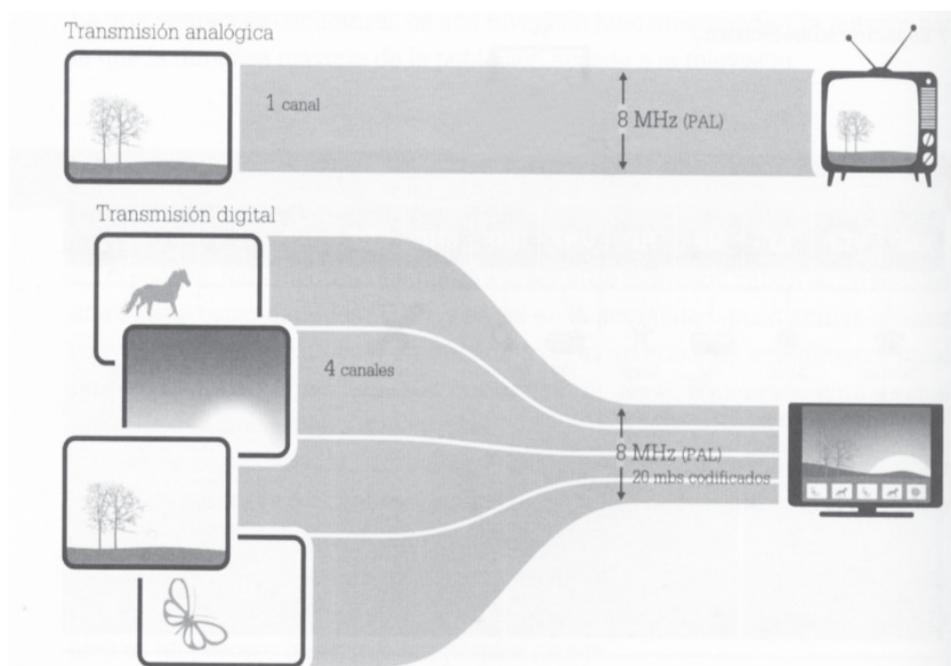


Ilustración 64. Programas por canal en TDT (J. Carrasco)

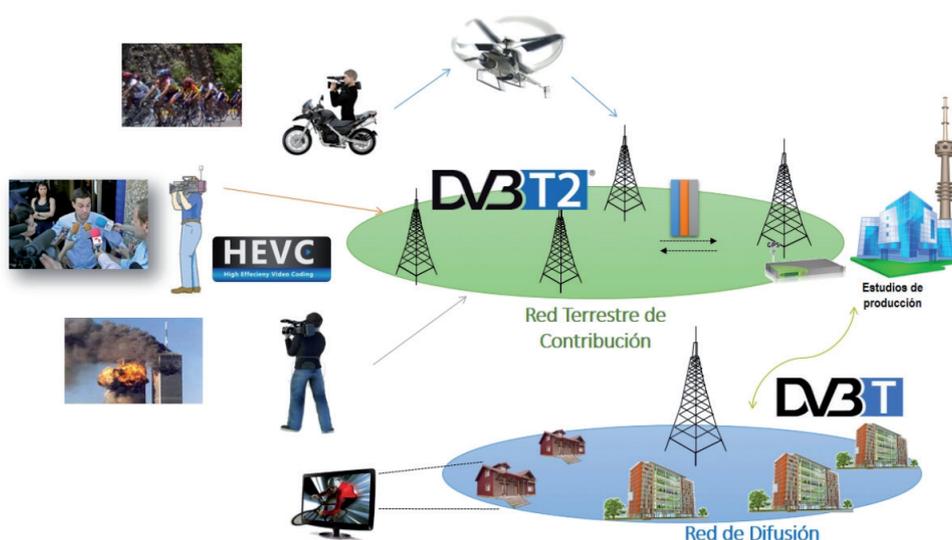


Ilustración 65. Transmisión de TDT

Por su parte, la norma DVB-S, diseñada para la televisión digital por satélite, utiliza modulación QPSK (*Quadrature Phase Shift Key*) y 36 Mhz de ancho de banda con una tasa de datos de 39Mb/sg, lo que permite insertar hasta 10 canales en una misma frecuencia de emisión. Y la norma DVB-C para la transmisión de televisión por cable, con modulación QAM (*Quadrature Amplitude Modulation*), un ancho de banda de 8 Mhz, flujo de datos de 32 Mb/sg. y permite hasta ocho programas por canal.

También hay normas específicas, que veremos un poco más abajo, para la emisión con microondas y para la transmisión mediante telefonía móvil e internet, aunque una de las mejoras más significativas que introduce la tecnología digital en los centros de producción y distribución de televisión es la posibilidad de difusión multiplataforma de la señal, con lo cual se accede con gran facilidad a las distintas ventanas de comercialización y se amplían significativamente las oportunidades de negocio.

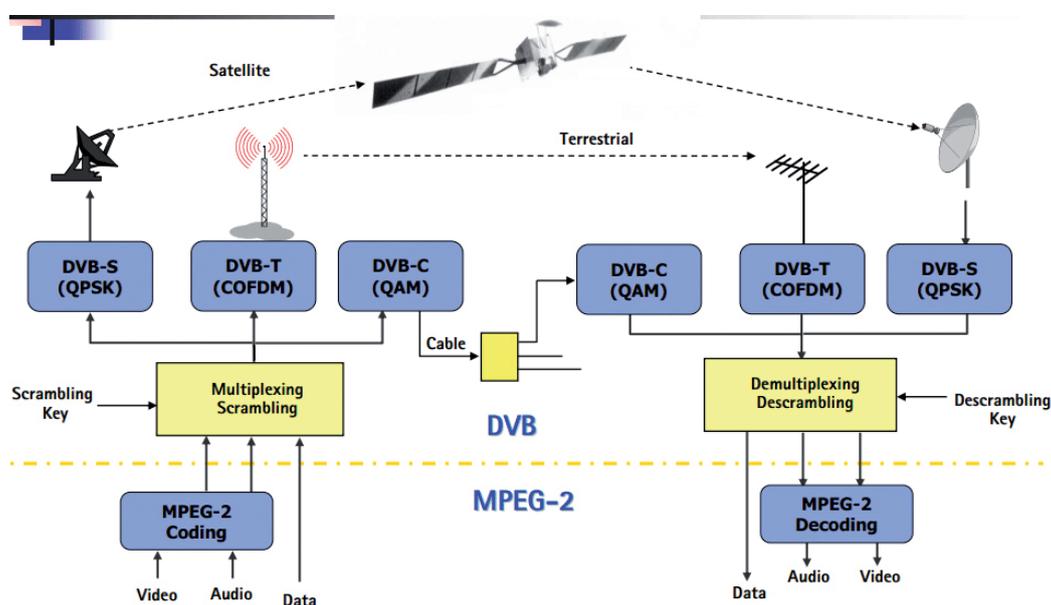


Ilustración 66. Normas DVB

En definitiva, con las nuevas normas se consiguen transmitir varios programas por un mismo canal y elegir con flexibilidad la calidad de dicha emisión, se introducen además sistemas seguros de codificación para limitar el acceso y se obtiene una mejora notable en la calidad de la imagen e inmunidad ante interferencias y, además, se pueden ofrecer servicios adicionales como EPG, *Electronic Program Guide*; VOD, *Video On Demand*; PPV, *Pay Per View*, etc., sin duda mejoras significativas en relación a los anteriores sistemas analógicos de televisión.

En fechas recientes, se está implantando la televisión en alta definición, TDT-HD, en un esfuerzo por aumentar los estándares de calidad y poder competir ante otros medios de distribución de contenidos y otras formas de entretenimiento que están restando audiencia de manera muy significativa al hasta hace poco imbatible sector de televisión. Actualmente la transmisión de TDT-HD se realiza con la tecnología

DVB-T y utilizando más ancho de banda para cada canal. Pero para optimizar del todo el sistema se está llevando a cabo el proceso de implantación de un nuevo formato de transmisión de televisión digital terrestre, el denominado DVB-T2, que mejora significativamente la eficacia en la transmisión y el ancho de banda utilizado. Y todo ello, junto a los nuevos algoritmos de compresión que se están adoptando, como AVC, H.264 y otros, permitirá en pocos años aumentar de manera muy notable la calidad de los contenidos audiovisuales distribuidos por televisión.

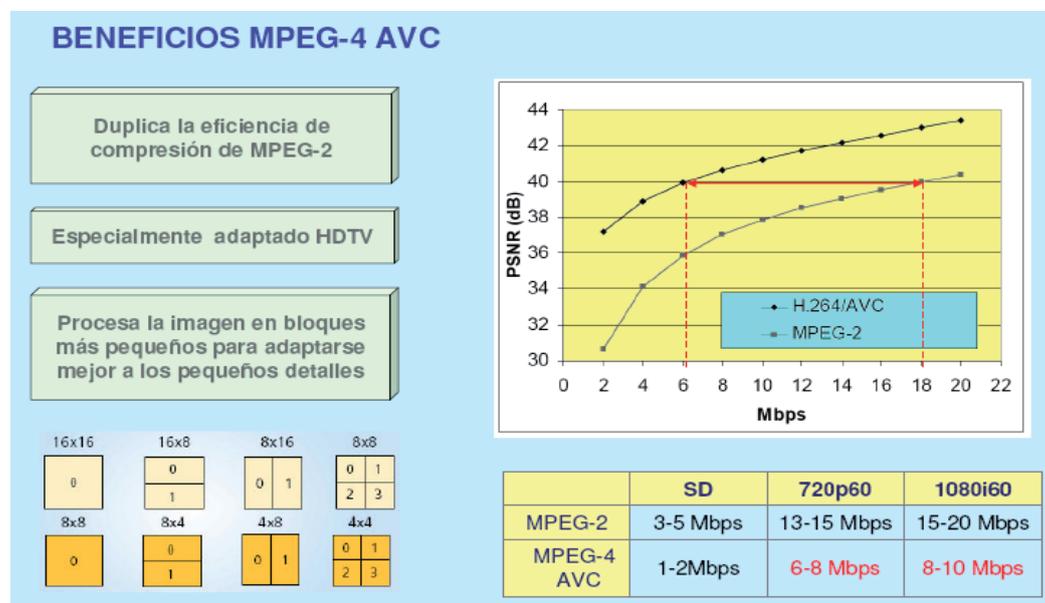


Ilustración 67. Algoritmo de compresión AVC

Otra de las grandes apuestas de los sistemas de televisión digital desde sus inicios, es la introducción de interactividad con los usuarios finales del servicio al modo que es habitual en los medios de comunicación contemporáneos basados en infraestructuras de redes informáticas. Sin embargo, este aspecto todavía hoy no ha tenido un desarrollo e implantación adecuados debido a las dificultades encontradas para establecer un canal de retorno que responda de manera óptima a las necesidades de intercambio de datos. Solo con la integración de los sistemas de televisión digital en los entornos de las redes de comunicación e internet se está haciendo posible. Por el contrario, en la emisión por ondas terrestres o satélite es todavía algo que está lejos de ser una realidad y aunque hay algunas implementaciones, estas están poco desarrolladas y proporcionan facilidades interactivas y operatividad limitados, tales como la compra de programas de pago y sistemas de acceso condicional, mediante tarjeta o similar, específicos de cada plataforma de emisión y todavía poco normalizados.

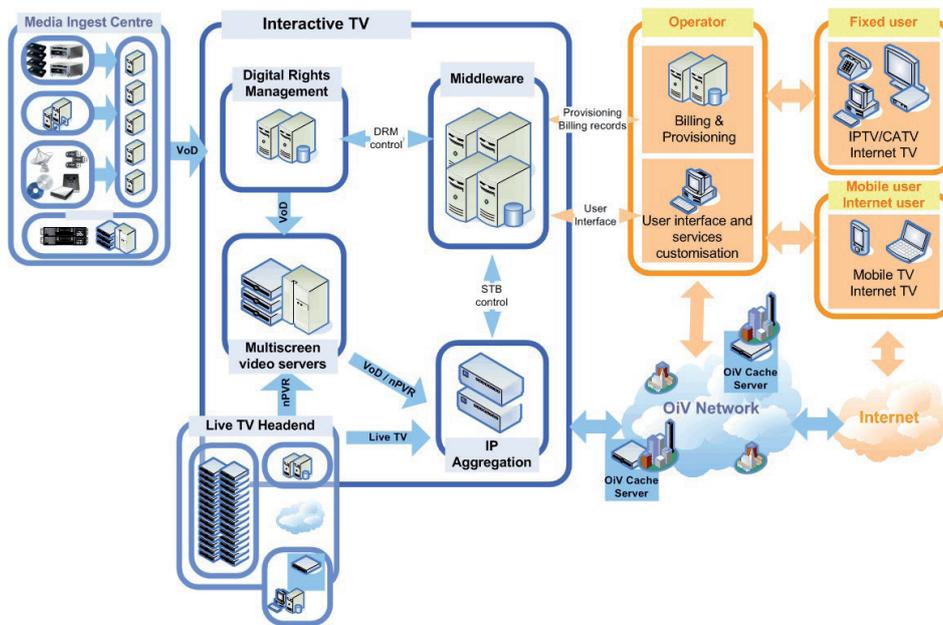


Ilustración 68. Interactividad en Televisión

4.3. Redes de comunicación. Internet TV

En este contexto de rápida implantación de tecnologías de televisión digital, las sinergias que se producen entre los diversos medios de telecomunicación son evidentes e inevitables y, por ello, cada vez más se están desarrollando sistemas híbridos que utilizan las plataformas e infraestructuras de redes para transmitir televisión. Así está ocurriendo hace unos años con las redes de telefonía móvil y con la red Internet, que cada vez ofrece mayores velocidades de transmisión y que, en conjunción con la mejora significativa en los sistemas de compresión de datos, se está convirtiendo en un serio competidor de los medios tradicionales de emisión de televisión.

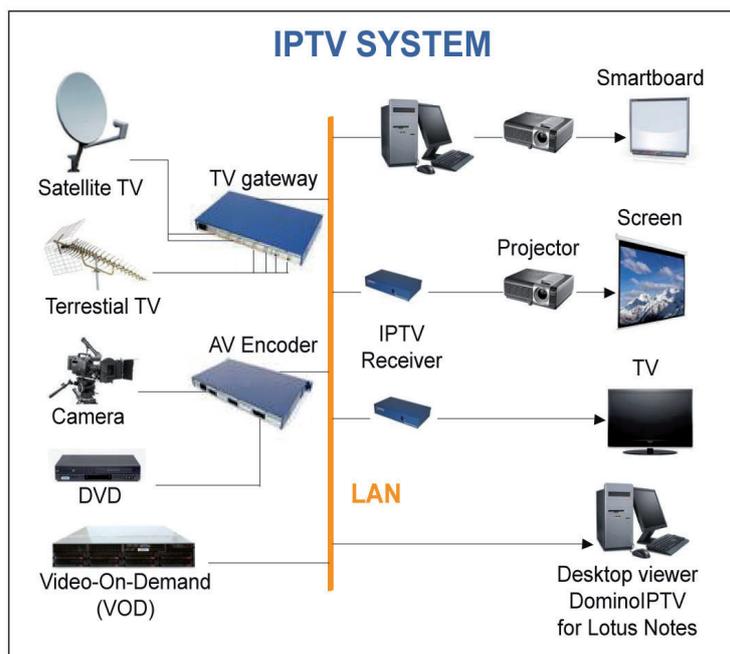


Ilustración 69. Sistema de TV por internet

Para la transmisión por redes de telefonía móvil se ha impulsado una nueva norma, denominada DVB-H a partir de la norma DVB-T original, pero adaptada a los equipamientos móviles en cuanto a resolución y consumos mínimos de batería, imprescindible para su funcionamiento. De manera simultánea, y en consonancia con el creciente desarrollo de los sistemas de telecomunicación inalámbricos por microondas, se han desarrollado estándares de televisión digital, DVB-MS y DVB-MT, que permiten el despliegue de infraestructuras y redes de difusión en lugares con población dispersa a menor coste de instalación que las actuales, para así hacer posible la universalización de las redes de telecomunicación multimedia.

Todo ello está dando lugar a una reordenación del sector televisivo y de telecomunicaciones en el que ahora intervienen como agentes activos las administraciones y los concesionarios de televisión públicos y privados, la industria de producción de contenidos, los fabricantes de equipos y desarrolladores de aplicaciones, pero también el gestor del múltiplex, distinto al transportista y difusor de la señal, y, finalmente, el gestor de la interactividad.

En lo que respecta a la modalidad de televisión vía internet, conocida como IPTV y transmitida con el protocolo TCP/IP, estamos ante una de las opciones de futuro más prometedoras, dadas las amplias posibilidades interactivas y de integración multi-plataforma que permite, una vez haya sido mejorada la capacidad de transmisión de las actuales redes. Por una parte, se pueden establecer redes privadas de transmisión de datos, lo cual garantiza la calidad de los usuarios que tienen acceso, modalidad adecuada para redes de pago con garantía de calidad en la recepción. Y, por otra, se puede ofrecer televisión en las redes convencionales con sistemas P2P o de *streaming*.

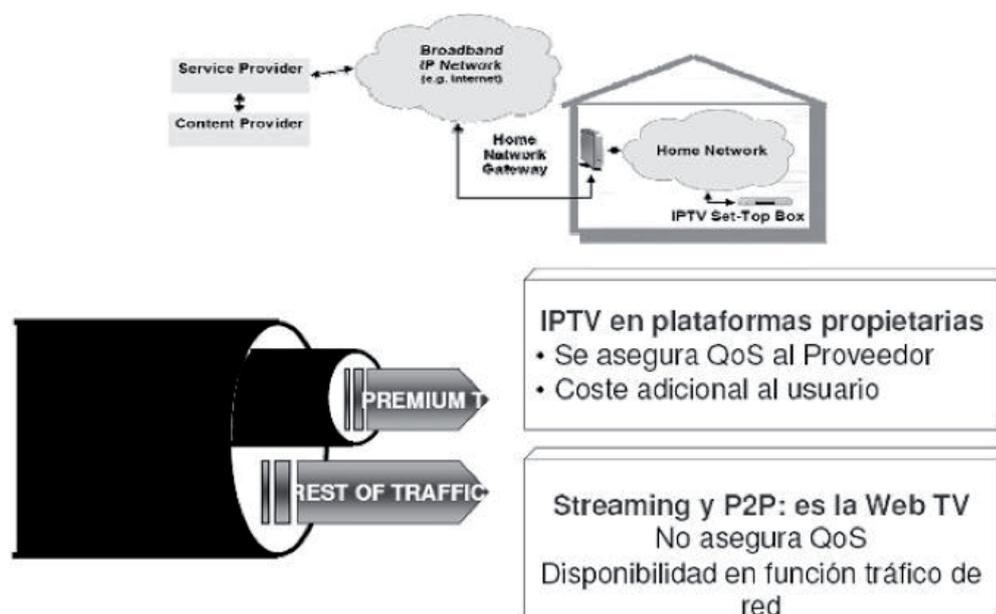


Ilustración 70. IPTV

Los clásicos sistemas de *streaming* funcionan con modalidades de transmisión de carácter jerárquico, es decir, al haber un emisor único y ser la emisión unidireccio-

nal si se aumenta el número de usuarios a los que se quiere hacer llegar la señal, dado que la velocidad de transmisión es limitada, es necesario ampliar el ancho de banda para no perder calidad. En cambio, los sistemas P2P, peer to peer, son económicamente mucho más efectivos pues al estar basados en redes multinodales, es decir, en forma de malla, cualquier usuario/receptor que recibe la señal se convierte al tiempo en transmisor, de manera que la calidad final que llega a cada uno de los usuarios es el resultado conjunto de los integrantes de la red, y la distribución de televisión puede extenderse de manera ilimitada sin coste alguno, opción tecnológica sin duda muy a tener en cuenta en un futuro inmediato.

Hoy por hoy los operadores de televisión tradicionales mantienen una estrategia de implantación multicast y utilizan ambas tecnologías en sus plataformas de televisión multimedia.

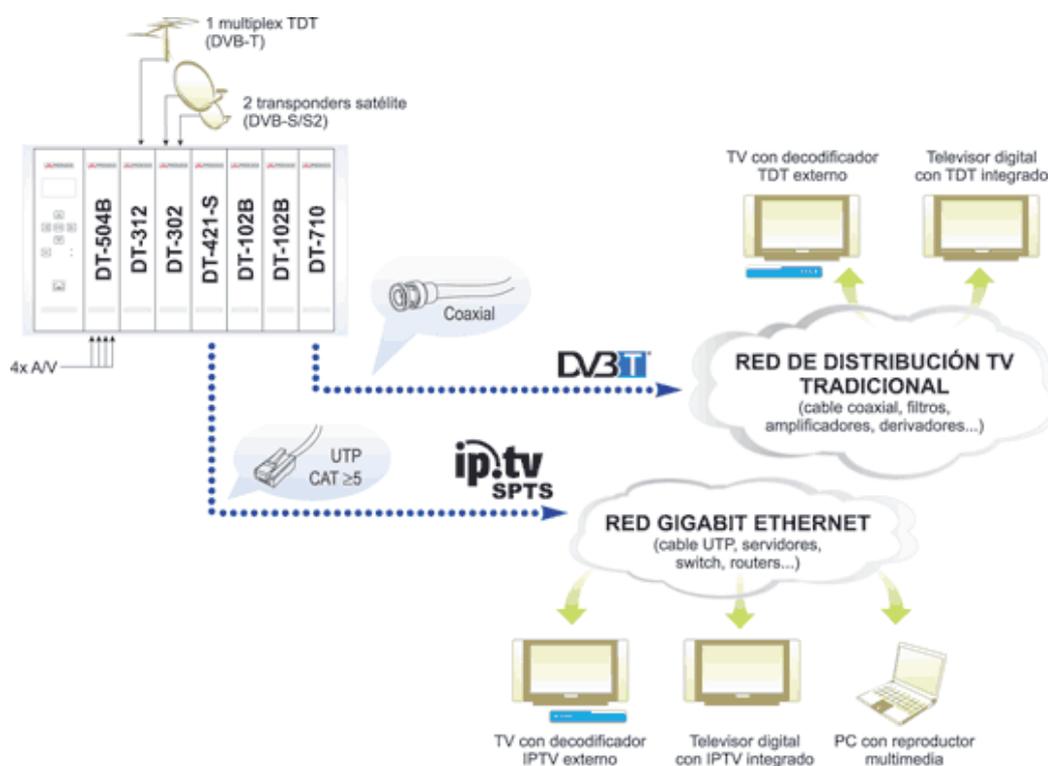


Ilustración 71. DVB-T/IPTV

Si realizamos una rápida comparación entre las tecnologías TDT y IPTV veremos que ambas tienen sus ventajas y desventajas que convivirán en tensa competencia durante algunos años. Al menos a día de hoy, la TDT ofrece una mayor calidad de imagen y sonido y llega a los salones de todos los hogares pero, sin embargo, la televisión IPTV permite mayor versatilidad en la elección de contenidos, es adaptable con facilidad a todos los dispositivos multimedia que ya utilizan internet y se puede complementar e integrar con multitud de otras utilidades que ofrecen estos dispositivos y la propia red internet. Y lo que es más importante, cumple con los requisitos de segmentación y acceso a las audiencias que la industria de la publicidad exige, de modo que permite dirigir campañas personalizadas de manera mucho más eficaz que con la actual tecnología de televisión digital terrestre TDT. Por

lo tanto, lo más previsible es que IPTV se imponga como tecnología de distribución de contenidos en un futuro cercano.

4.4. Monitorización de televisión y proyección de cine digital

En el sector de los equipamientos de visionado y proyección de imágenes, de igual modo que está ocurriendo con el resto de segmentos de la industria audiovisual, se están produciendo importantes desarrollos tecnológicos en los últimos años de rápida implantación en el ámbito profesional y en los hogares.

La tecnología de visionado a lo largo de los últimos decenios ha estado basada en tubos de rayos catódicos (TCR) sobre los que ya hablamos en epígrafes anteriores. En el mercado han coexistido durante algunos años varios tipos de pantallas CRT, diseñadas para minimizar los problemas derivados de la distorsión y dispersión del haz de electrones propios del sistema y que obligaba a diseñar las pantallas curvadas en forma de barrilete para equiparar la distancia del haz del centro y sus extremos. Con el uso de máscaras o rejillas, como por ejemplo en el sistema FST (*Flat Square Tube*) o Trinitron de Sony, se podían fabricar monitores de mucha menor curvatura que los estándares. Otras empresas, como Hitachi, para mejorar la eficiencia del sistema y la resolución se centraron en la forma de implementación del fósforo reduciendo la distancia horizontal entre cada píxel y creando puntos de color ovales en lugar de redondos para mejorar la calidad final.

En este sentido, a pesar de sus inconvenientes, la proyección CRT se considera actualmente una tecnología robusta, madura y bien conocida que permite una alta resolución y que proporciona excelente calidad y control de la imagen.

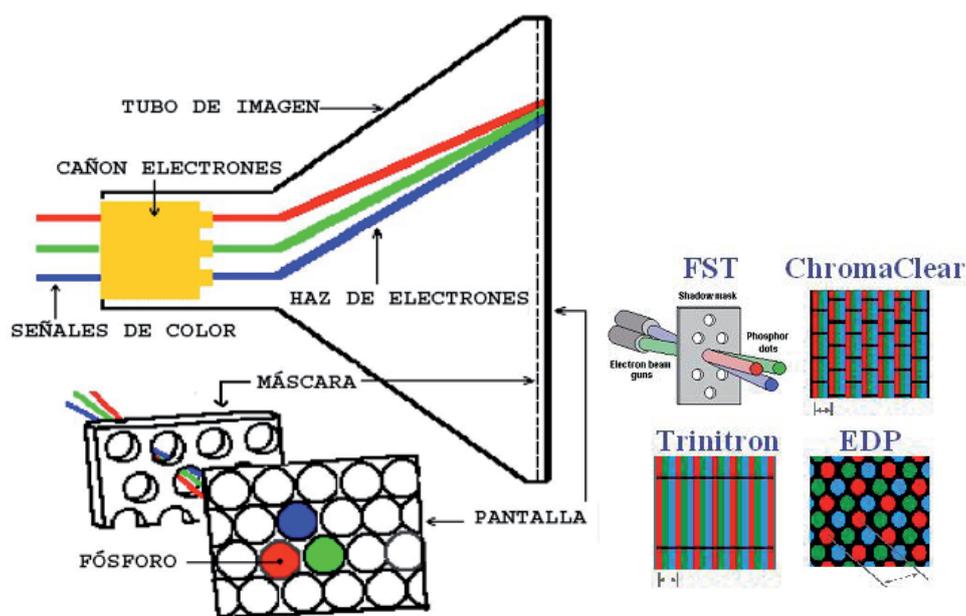


Ilustración 72. Pantalla CRT

En las últimas décadas la proyección LCD (*Liquid Cristal Display*), se ha impuesto y extendido ampliamente a nivel profesional y doméstico. Las pantallas de cristal líquido están fundamentadas en el filtraje de la luz a partir de la utilización de dos filtros colocados perpendicularmente entre sí que dejan pasar o no la luz en función de su polaridad. Al aplicar una corriente eléctrica al segundo de ellos, y por tanto cambiar la polaridad, dejaremos pasar o no la luz que atraviesa el primero y lo hará también a través del segundo, en función de la intensidad eléctrica suministrada. Para obtener los colores se añaden filtros rojo, verde y azul distribuidos sobre cada par de cristal líquido de distinta polarización.

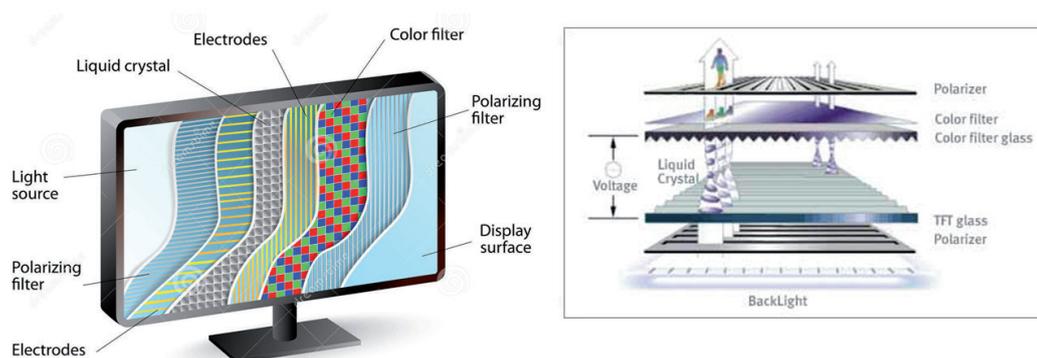
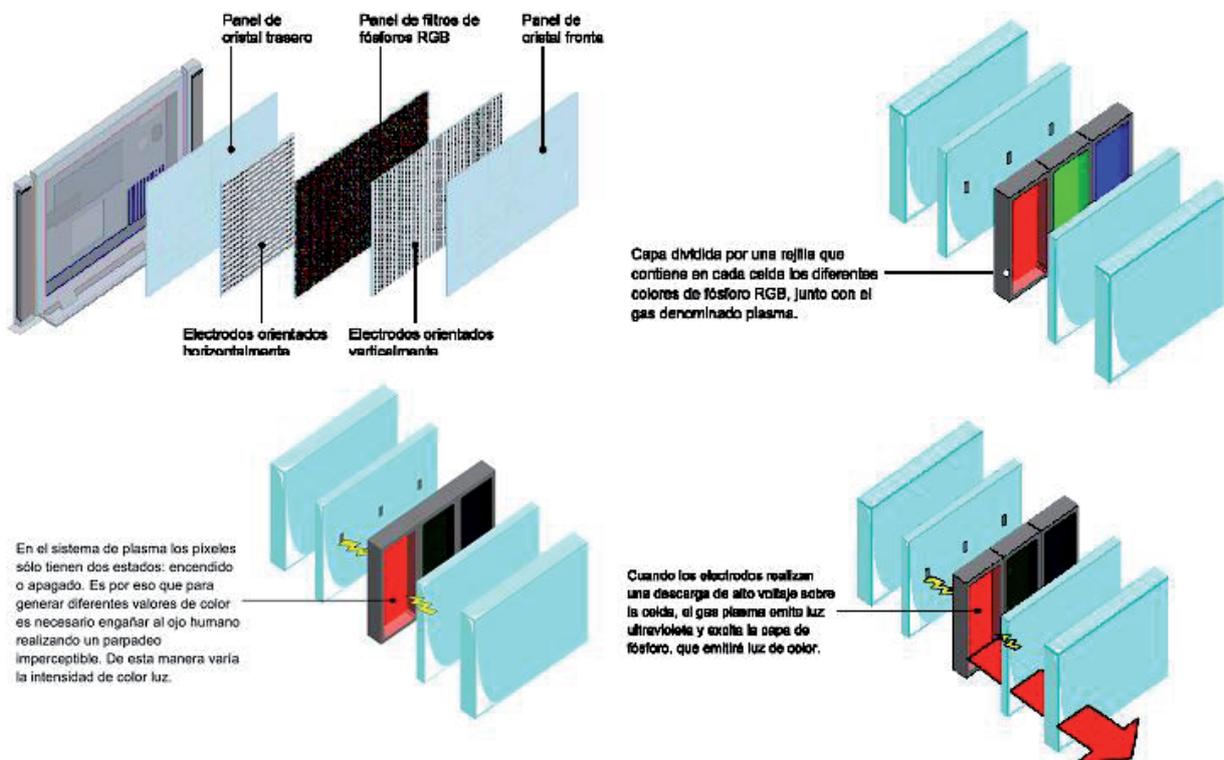


Ilustración 73. Pantalla LCD

Existen dos tipos de pantallas LCD, las denominadas de matriz pasiva y las de matriz activa. Las primeras están diseñadas con una base de líneas conductoras horizontales alineadas y dispuestas de un extremo a otro de la pantalla, lo cual genera un problema debido al mayor tiempo empleado para activar cada elemento y refrescar la pantalla, muy considerable sobre todo en pantallas de gran tamaño. Este inconveniente ha sido minimizado, aunque solo en parte, con lo que se ha denominado *Dual Scan*, es decir, dividiendo cada línea en dos secciones que son escaneadas desde el extremo más cercano. No obstante, siguen siendo menos efectivas que las pertenecientes al segundo tipo, las pantallas LCD de matriz activa, las instaladas habitualmente en la mayoría de dispositivos de monitorización y que permiten un mayor ángulo de visión y son mucho más rápidas. Están diseñadas a partir de una rejilla de transistores independientes situada en una capa por debajo de los elementos de pantalla y por ello son mucho más complejas de fabricar y más caras, pero también mucho más eficientes al permitir direccionar cada elemento de imagen de manera individual.

La tercera de las tecnologías más implantadas, la que fundamenta el funcionamiento de las pantallas de plasma, PDP, es en realidad muy antigua, pues está basada en las propiedades conocidas de ciertos gases que emiten luz cuando son sometidos a una corriente eléctrica. Este principio ya fue experimentado por John L. Baird y era considerado ya entonces como un posible modo de producir imágenes en una pantalla, aunque no se pudieron desarrollar equipamientos de proyección con esta tecnología hasta las últimas décadas del siglo XX.

Las primeras pantallas de plasma estaban construidas con dos láminas cubiertas por líneas conductoras entre las cuales había atrapado gas neón y eran monocromas, de baja resolución y muy ineficientes en cuanto a consumo. El funcionamiento era similar a las pantallas LCD y al pasar la corriente eléctrica por cada línea conductora se excitaba el gas produciendo imagen. Las PDP actuales contienen una mezcla de gases que al ser activados eléctricamente emiten luz UV, ultravioleta, radiación que se utiliza para excitar una capa de fósforo superpuesta, de manera similar a como ocurría en las pantallas CRT. Las pantallas PDP proporcionan una muy buena resolución y alta velocidad de refresco al tiempo que disminuyen de manera notable el volumen y peso de los equipos, de modo que permiten comercializar pantallas planas de amplio tamaño. Tiene el inconveniente, frente a las pantallas LCD, de su limitada vida útil debido a la facilidad con que se producen indeseados efectos de quemado de las celdillas de píxeles, y su coste de fabricación es también mayor, y por ello han sido relegadas en el mercado ante la implantación de las LCD.



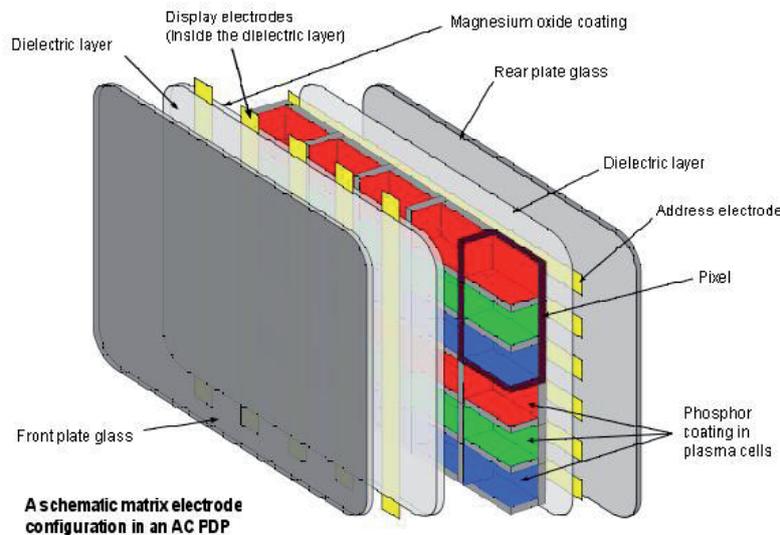


Ilustración 74. Pantallas de Plasma

Entre los desarrollos más recientes en sistemas de monitorización de imagen se encuentran la nueva tecnología SED (*Surface-conduction Electron-emitter Displays*), desarrollada por empresas como Toshiba y Canon. Los monitores con esta tecnología funcionan proyectando electrones que excitan una capa de fósforo, de manera similar a las pantallas CRT aunque posibilitando la comercialización de equipamientos tan delgados como los TFT o LCD.

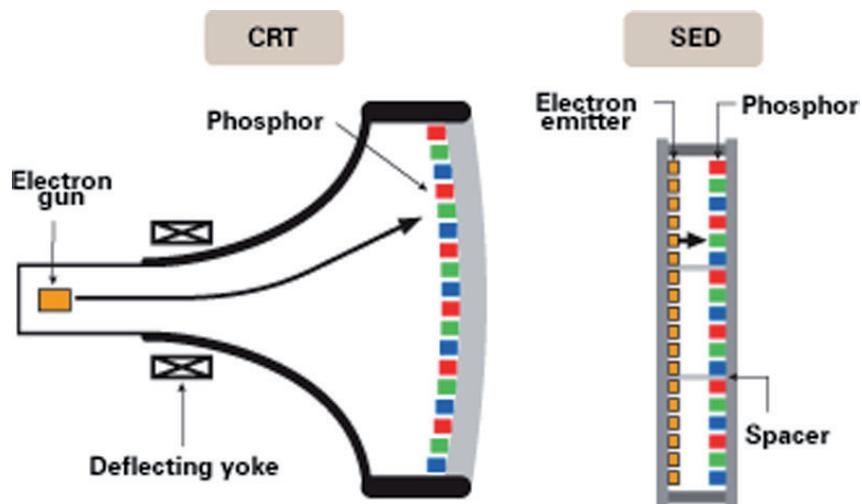


Ilustración 75. Pantallas SED

Un segundo desarrollo tecnológico y que se ha implantado con gran rapidez es el que se fundamenta en las propiedades de los materiales OLED (*Organic Organic Light-Emitting Diode*). El diseño de los monitores se realiza disponiendo una capa de componentes orgánicos que reacciona ante la estimulación eléctrica y produce luz del color propio del material utilizado. Las pantallas tipo LED/OLED hoy día son de uso habitual en todos los equipamientos audiovisuales y dispositivos móviles

multimedia, debido a que sus píxeles son direccionables y reducen ostensiblemente los consumos eléctricos respecto al resto de tecnologías y los costes de fabricación, así como permiten la construcción de pantallas flexibles.

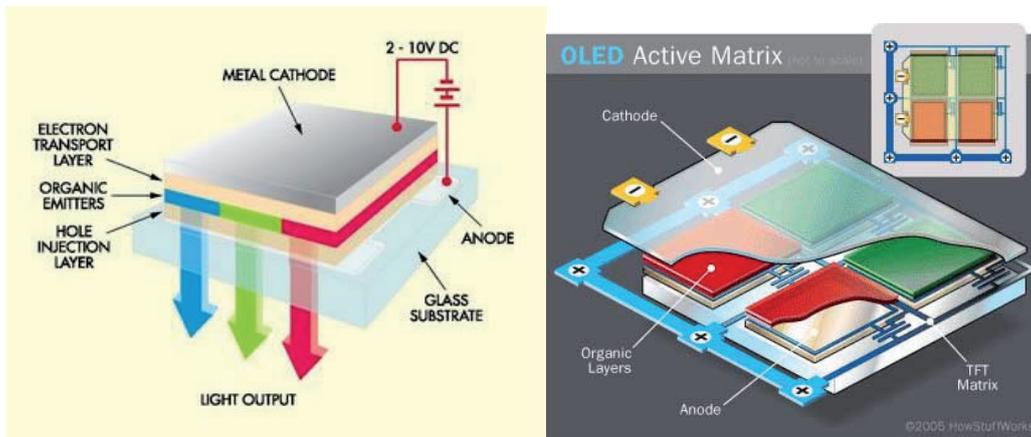


Ilustración 76. Tecnología OLED

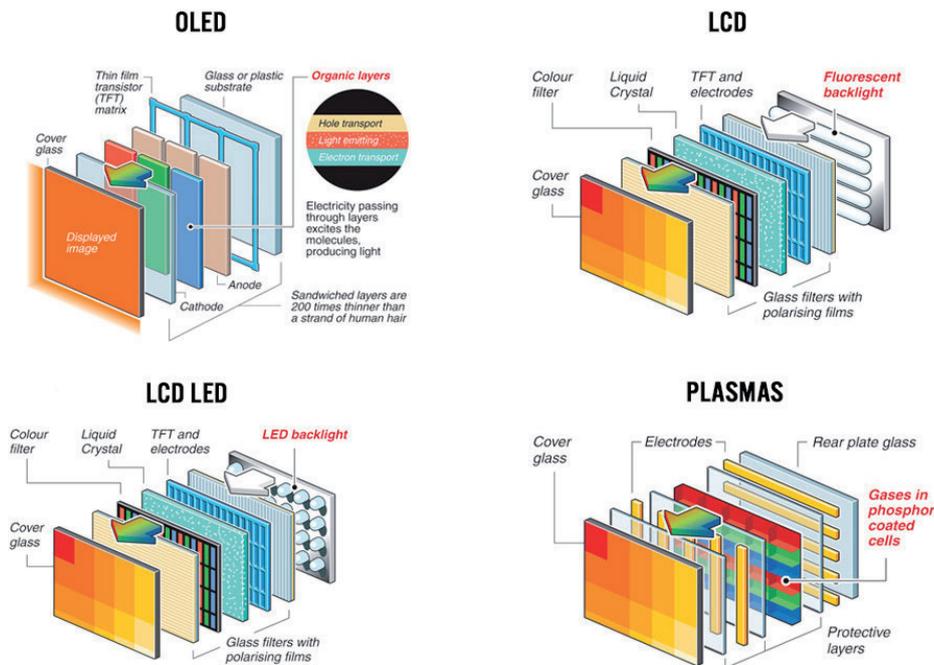


Ilustración 77. Comparación entre distintas tecnologías

En cuanto al segmento tecnológico de equipamientos audiovisuales destinados a la proyección espectacular para grandes públicos, cada vez más se están implantando las tecnologías descritas, aunque todavía no alcanzan los enormes tamaños de pantalla necesarios y aún priman las tecnologías de proyección.

En los equipamientos para grandes salas la tecnología más implantada es la desarrollada inicialmente por Texas Instruments y conocida como DLP (*Digital Light*

Processing), y que comercializan algunas otras marcas como por ejemplo Barco y NEC. La tecnología DLP consiste en un sistema de un chip y un filtro circular móvil, o de tres chips de espejos móviles y un filtro para cada color, sobre los que se hace pasar la luz una vez dividido el haz mediante un prisma de descomposición de color. Los diversos equipamientos que se comercializan permiten resoluciones a partir de 2K (2048×1080) o, más comúnmente, 4K (4096×2160), de forma que pueden representar del orden de 16,7 millones a 35 trillones de colores, cifras de resolución en constante aumento y con mejoras cada vez más notables en la calidad de la imagen proyectada.

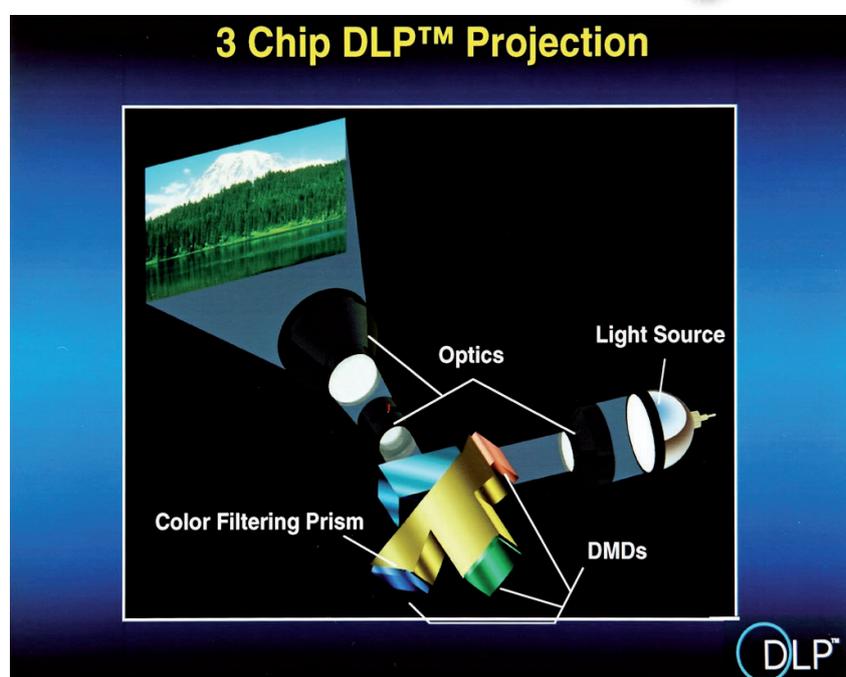
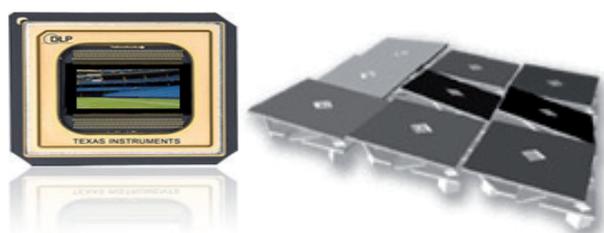


Ilustración 78. Sistema de proyección DLP

En este ámbito de la proyección espectacular otras marcas, como Sony o JVC, están desarrollando y comercializando sistemas con tecnologías propias en las que utilizan otros tipos de chip. En el caso de Sony y JVC sus proyectores utilizan chips de silicón, en los denominados sistemas SXRD y D-ILA respectivamente, aunque sus principios de funcionamiento son similares a los sistemas DLP.

La tendencia generalizada, en cualquier caso y como ya hemos señalado, es la digitalización de todos los procesos audiovisuales y, en este área específica de la proyección, los esfuerzos industriales están dirigidos a sustituir en óptimas condiciones de calidad los sistemas de proyección filmica por proyectores digitales.

Hay también un creciente interés por aumentar la espectacularidad de las imágenes implantando sistemas de 3D en algunas salas, aunque sin el éxito esperado por la industria.

En la actualidad, y en definitiva, se tiende con rapidez a la integración de los sistemas de proyección destinados a los grandes públicos y, más que nada, al desarrollo de arquitecturas de producción y distribución de contenidos basadas en redes de telecomunicación y a la implantación de sistemas audiovisuales íntegramente digitales que faciliten la disponibilidad de contenidos, aumenten la productividad y permitan la reducción de costes y el incremento de la rentabilidad de la industria cinematográfica y audiovisual.

Bibliografía básica

- BROWNE, S. (2007): *Postproducción de Alta Definición*. Andoain (Guipúzcoa). Escuela de Cine y Vídeo.
- CARRASCO, J. (2010): *Cine y televisión digital. Manual técnico*. Barcelona. Univ. de Barcelona.
- LANCASTER, K. (2011): *Cine DSLR*. Madrid. Anaya.
- MILLERSON, G. (2009): *Realización y producción en televisión* (4.ª ed.). Madrid. IORTV.
- RAJAS, M. y S. ÁLVAREZ (2013): *Tecnologías audiovisuales en la era digital*. Madrid. Fragua.
- WHEELER, P. (2008): *Cinematografía en alta definición*. Barcelona. Omega.

Bibliografía complementaria

- ALTEN, S. R. (2008): *El manual del audio en los medios de comunicación*. Andoain (Guipúzcoa). Escuela de cine y vídeo.
- BARROSO, J. (2008): *Realización audiovisual*. Madrid. Síntesis.
- BEACH, A. (2009): *Técnicas de compresión de vídeo*. Madrid. Anaya.
- BESTARD LUCIANO, M. (2011): *Realización audiovisual*. Barcelona. UOC.
- BROWN, B. (2012): *Iluminación para cine y vídeo* (2.ª Edición). Andoain (Guipúzcoa). Escuela de Cine y Vídeo.
- CASTILLO POMEDA, J. M. (2010): *Televisión, realización y lenguaje audiovisual*. Madrid. IORTV.
- CUENCA, I. y E. GÓMEZ (2005): *Tecnología básica del sonido (I y II)*. Madrid. Paraninfo.
- ESPINOSA, N. (2012): *Fonaments i usos de tecnologia audiovisual digital*. Barcelona. UOC.
- FÉLIX MOLERO, E. (2006): *Sistemas de radio y televisión*. Madrid. McGraw-Hill.
- GUILLÉN, P. (2012): *Final Cut Pro X*. Madrid. Anaya.
- LANGFORD, M. (1994): *Manual de fotografía básica*. Barcelona. Omega.
- LLORENS, V. (2004): *Fundamentos tecnológicos de vídeo y televisión*. Barcelona. Paidós.
- LUQUE, R. y J. J. DOMÍNGUEZ (2011): *Tecnología digital y realidad virtual*. Madrid. Fragua.
- MARTÍNEZ BADÍA, J. (2009): *Manual básico de tecnología audiovisual y técnicas de creación, emisión y difusión de contenidos*. Barcelona. Paidós.
- MARTÍNEZ BADÍA, J. y J. SERRA FLORES (2000): *Manual básico de técnica cinematográfica y dirección de fotografía*. Barcelona. Paidós.
- MELENDRERAS, R. (coord.) (2012): *Guía para el usuario de la Televisión de Alta Definición*. Madrid. ImpulsaTDT.
- MORALES MORANTE, F. (2013): *Montaje audiovisual. Teoría, técnica y métodos de control*. Barcelona. UOC.
- PÉREZ, C. y J. M. ZAMANILLO (2003): *Fundamentos de televisión analógica y digital*. Cantabria. Editorial Universidad de Cantabria.
- RIAPPE, B. (1993): *La película y el laboratorio cinematográfico*. Andoain (Guipúzcoa). Escuela de Cine y Vídeo.
- RODERO, E. (2011): *Creación de programas de radio*. Madrid. Síntesis.

- RUMSEY, F. y T. McCORMICK (2004): *Sonido y grabación. Introducción a las técnicas sonoras*. Madrid. IORTV.
- SIERRA SÁNCHEZ, J. y F. GARCÍA GARCÍA (2014): *Tecnología y narrativa audiovisual*. Madrid. Fragua.
- SIMPSON, R. S. (2004): *Control de la iluminación. Tecnología y aplicaciones*. Andoain (Guipúzcoa). Escuela de Cine y Vídeo.
- VV. AA. (2008): *Teoría y técnica de la producción audiovisual*. Valencia. Tirant lo Blanch.