

UNIVERSIDAD POLITECNICA DE VALENCIA

ESCUELA POLITECNICA SUPERIOR DE GANDIA

MASTER EN POSTPRODUCCION DIGITAL



UNIVERSIDAD
POLITECNICA
DE VALENCIA



ESCUELA POLITECNICA
SUPERIOR DE GANDIA

“Miniaturización y democratización de las cámaras cinematográficas y de video digital”

TRABAJO FINAL DE MASTER

Autor: **Diego Martínez Domínguez**

Director: **José Vicente Morro Ros**

Gandía, Junio de 2016

Resumen:

El presente Trabajo Fin de Máster (TFM) plantea como objetivo principal de investigación conocer un largo proceso tanto de miniaturización como de democratización de las cámaras cinematográficas y de video digital que comenzó con la creación del cinematógrafo y que se ha dilatado en el tiempo hasta la actualidad, dónde encontramos cámaras deportivas o de acción, con un tamaño reducido, que son capaces de filmar imágenes en movimiento de alta calidad y cuyo coste es relativamente asequible. De esta manera, se abordará también cómo se produjo la transición de una tecnología analógica, empleada por las primeras cámaras, a una tecnología digital, empleada por las cámaras más recientes, pasando por la etapa videográfica, como piedra angular de la transición entre una tecnología y otra.

Palabras clave: miniaturización, democratización, cámara, video y digital.

Abstract:

This Master's Thesis (TFM) has as the main research objective to know a long process either miniaturization as democratization of film cameras and digital video that began with the cinematograph and has expanded over time to the present, where we find cameras for sports and action with a reduced size, that are capable of recording moving images of high quality and whose cost is relatively affordable. In this way, it will also tackle how the transition of an analog technology was occurred, used by the first cameras to digital technology, used by the most recent cameras to videographic stage, as the cornerstone of the transition from a technology and another.

Keywords: miniaturization, democratization, camera, video and digital.

ÍNDICE

| | |
|--|----|
| Listado de Figuras..... | 3 |
| Listado de Tablas | 5 |
| I. Introducción | 6 |
| 1. Objeto de estudio y cuestiones para la investigación | 6 |
| 2. Justificación..... | 7 |
| 3. Metodología..... | 7 |
| 4. Estructura y escritura..... | 8 |
| II. Nacimiento y evolución de las cámaras cinematográficas | 10 |
| 2.1. Antecedentes del cine primitivo | 10 |
| 2.2. Nacimiento del cine..... | 12 |
| 2.3. Crecimiento y desarrollo del cine | 14 |
| 2.4. El negativo fotoquímico y la emulsión fotográfica..... | 20 |
| 2.4.1. Formatos fílmicos analógicos | 22 |
| III. La revolución videográfica: del analógico al digital | 29 |
| 3.1. El cine en la era videográfica | 29 |
| 3.2. La transición tecnológica | 30 |
| IV. Instauración de la tecnología digital..... | 40 |
| 4.1. Características técnicas | 40 |
| 4.2. Filmación digital..... | 52 |
| V. Cámaras deportivas: paradigma de democratización y miniaturización..... | 68 |
| 5.1. Cámaras deportivas..... | 68 |
| 5.2 Posibilidades técnicas y narrativas | 71 |
| VI. Conclusiones..... | 92 |
| VII. Bibliografía..... | 95 |

LISTADO DE FIGURAS

| | |
|---|----|
| Figura 1. Eje cronológico de inventos que ayudaron al nacimiento del cinematógrafo | 12 |
| Figura 2. Eje cronológico del nacimiento del cine. | 14 |
| Figura 3. Eje cronológico de los avances del cine en materia de color. | 16 |
| Figura 4. Eje cronológico de los avances del cine sonoro | 19 |
| Figura 5. Estructura de la película (Kodak, 2010: 30) | 21 |
| Figura 6. Representación de las diferencias de tamaño entre los formatos fotoquímicos (Kodak, 2010: 30) | 23 |
| Figura 7. Relaciones de aspecto en un negativo de 35mm: en verde 1,37:1; en amarillo 1,85:1; en rojo 1,66:1; y en morado 1,78:1 (Kodak, 2010: 39) | 23 |
| Figura 8. Eje cronológico de los avances en la imagen videográfica..... | 34 |
| Figura 9. Eje cronológico de los avances en transmisión de imagen y sonido. | 36 |
| Figura 10. Eje cronológico de los avances en el sector informático..... | 39 |
| Figura 11. Resoluciones (Carrasco, 2010: 67)..... | 42 |
| Figura 12. Modelo de filtrado Bayer (Wheeler, 2007: 72). | 45 |
| Figura 13. Modelo de filtrado secuencial (Wheeler, 2007: 74). | 46 |
| Figura 14. Niveles del estándar de 8 bits ($2^8=256$) (Carrasco, 2010: 84)..... | 47 |
| Figura 15. Carcasa estándar | 72 |
| Figura 16. Monopod..... | 72 |
| Figura 17. Correa para la cabeza | 73 |
| Figura 18. Arnés | 73 |
| Figura 19. Muñequera | 73 |
| Figura 20. Ventosa..... | 73 |
| Figura 21. Placa frontal para casco..... | 73 |
| Figura 22. Soportes adhesivos | 74 |

| | |
|--|----|
| Figura 23. Abrazadera flexible | 74 |
| Figura 24. Control remoto | 74 |
| Figura 25. GoPro instalada en el sillín de la bicicleta | |
| Figura 26. Rostro del ciclista dentro del encuadre de una GoPro en el Tour de Francia 2015 | 75 |
| Figura 27. Fotograma del anuncio de "Muchoviaje.com" | |
| Figura 28. Fotograma del anuncio de "Muchoviaje.com" | 76 |
| Figura 29. Fotograma del anuncio de "Nike" | |
| Figura 30. Fotograma del anuncio de "Nike" | 76 |
| Figura 31. Fotograma del spot de "Cillit Bang" | |
| Figura 32. Fotograma del spot de "Cillit Bang" | 77 |
| Figura 33. Fotograma de un video de GoPro | |
| Figura 34. Fotograma de un video de "Wall Stree Journal" | 78 |
| Figura 35. Fotograma del video promocional de HEXO+ | 79 |
| Figura 36. Fotograma del video promocional de "Lily" | 80 |
| Figura 37. Fotograma de un video de VCFplay.com..... | 82 |
| Figura 38. Fotograma de un video de VCFplay.com..... | 83 |
| Figura 39. Fotograma de un video de VCFplay.com..... | 83 |
| Figura 40. Fotograma de un video de Youtube de François Hesnault en Alemania con un Renault..... | 85 |
| Figura 41. Fotograma de un video de Youtube | |
| Figura 42. Fotograma de un video de Youtube..... | 86 |
| Figura 43. Fotograma del video de Moto GP y GoPro | |
| Figura 44. Fotograma del video de Moto GP y GoPro..... | 89 |
| Figura 45. Fotograma del video de Moto GP y GoPro | |
| Figura 46. Fotograma del video de Moto GP y GoPro..... | 89 |
| Figura 47. Fotograma del video de Moto GP y GoPro | |
| Figura 48. Fotograma del video de Moto GP y GoPro..... | 90 |

LISTADO DE TABLAS

| | |
|--|----|
| Tabla 1. Formatos comerciales más extendidos (Carrasco, 2010:128)..... | 56 |
|--|----|

I. INTRODUCCIÓN

1. OBJETO DE ESTUDIO Y CUESTIONES PARA LA INVESTIGACIÓN

El presente trabajo tiene como objeto de estudio fundamental un análisis diacrónico de la evolución de las cámaras cinematográficas y de video desde su invención hasta la época actual presentando un especial interés en la miniaturización del tamaño de éstas además de la democratización del acceso a este tipo de material.

Para llevar a cabo este estudio, se ha determinado tres momentos clave que marcan puntos de inflexión en la evolución de las cámaras cinematográficas y de video digital, determinados por los usos y cambios de tecnologías analógicas y/o digitales: El nacimiento y evolución de las cámaras cinematográficas, la revolución videográfica y la instauración de la tecnología digital. En 1895 se produjo, de la mano de los hermanos Lumière, la invención del primer cinematógrafo como resultado de una confluencia de distintos inventos que dieron lugar a este aparato capaz de registrar imágenes en movimiento. A partir de este momento, la evolución respecto al cine llegaría por dos vías fundamentales: la imagen en color y la imagen con efectos sonoros. Estas inquietudes surgían como respuesta a una necesidad de captar la realidad de la manera más verosímil y fiel.

A partir de la década de los 60', ya en el siglo XXI, comenzaría a introducirse en el sector audiovisual, y por extensión, en el sector cinematográfico, una nueva tecnología digital, proveniente de la evolución de la informática, que ofrecía ventajas sustanciales en cuanto a rapidez y abaratamiento de costes en todos los procesos de creación audiovisual. Será en este momento cuando la tecnología videográfica haga de nexo entre una tecnología analógica del siglo XX y una incipiente llegada de la tecnología digital ya en el XXI.

Por último, a partir de la década de los 90', se daría la implantación progresiva y definitiva de la tecnología digital en el sector audiovisual, entre otros. Sería a partir de este momento cuando el video comenzaría a quedar obsoleto ante la tecnología digital, basada en cálculos binarios, que ofrecía ventajas significativas en su uso. Además, el avance y desarrollo de la tecnología ha facilitado un progresivo proceso de miniaturización y democratización de las cámaras cinematográficas y de video tanto profesionales como no

profesionales. Este proceso viene a respaldar la Ley de Moore¹ según la cual cada dos años se duplica el número de transistores en un circuito integrado. Además, este razonamiento supone implícitamente que los precios mantienen una relación inversamente proporcional a las prestaciones, es decir, cada vez que un producto nuevo con mejores prestaciones sale a la venta implica que el producto anterior sufrirá una bajada del precio.

2. JUSTIFICACIÓN

La elección del objeto de estudio, la miniaturización y democratización de las cámaras cinematográficas y de video digital, es el resultado no sólo de un interés personal por el contexto más cercano y conocido por el investigador, sino también por conocer una tendencia relativamente actual en el sector audiovisual a emplear, por ejemplo, cámaras fotográficas para la elaboración de spots publicitarios o cabeceras de programas. En esta línea, también es cada vez más habitual visionar en televisión o en cualquier otro medio imágenes filmadas con cámaras de acción o deportivas como la GoPro, que se presentan con una marcada estética en la imagen, y que al fin y al cabo, son cámaras que ofrecen altas prestaciones a un coste más asequible que las cámaras profesionales de filmación.

3. METODOLOGÍA

Esta investigación se inscribe en un marco epistemológico dinámico e histórico, podríamos decir que evolutivo, en términos generales. Se trata de una investigación que bien puede incluirse en un marco general de evolución de los aparatos de filmación de imágenes en movimiento, desde la invención del cinematógrafo por parte de los hermanos Lumière hasta la llegada en la actualidad de las cámaras deportivas o de acción. Así pues, para la comprensión (y elaboración) de este estudio se presenta como eje fundamental la dicotomía evolución-tecnología, pues, al fin y al cabo, el sector audiovisual se nutre, principalmente a nivel tecnológico, de los avances de otros campos como la informática, la electrónica o la óptica.

Para la realización de este trabajo se han consultado diversas fuentes bibliográficas, fundamentalmente estudios científicos, pero también artículos de prensa, videos, artículos

¹ <http://www.muyinteresante.es/curiosidades/preguntas-respuestas/ique-es-la-ley-de-moore> [Consultado 28/08/15]

web, blogs, foros y artículos de opinión elaborados por miembros especializados en el sector de la tecnología.

4. ESTRUCTURA Y ESCRITURA

El trabajo queda estructurado en torno a siete apartados generales. En primer lugar, en la introducción, se ha pretendido explicar el objeto de estudio, la justificación, la metodología seguida y la estructura que presenta el trabajo.

En segundo lugar, el nacimiento y evolución de las cámaras cinematográficas pretende arrojar luz sobre una serie de inventos y descubrimientos que se consideran imprescindibles para la llegada definitiva del cinematógrafo. En este apartado también se establecen las diferentes vías de evolución del cine: hacia un cine en color y hacia un cine sonoro, además de profundizar en los distintos soportes y formatos del cine analógico.

En tercer lugar, el apartado 'la revolución videográfica' se centra en una época determinada de confluencia de dos tecnologías, la analógica y la digital, y cómo se irá trazando una transición tecnológica hacia la segunda. Por otro lado, también se explica la influencia de esta tecnología digital alrededor de sectores como la informática o las telecomunicaciones, campos estrechamente relacionados con el objeto de estudio.

En cuarto lugar, 'la instauración de la tecnología digital' hace referencia, precisamente, al momento en el que comienza a superarse ya el uso de la tecnología analógica en favor de la tecnología digital. En este apartado se pretende explicar aquellos conceptos y elementos que conforman la base de la tecnología digital, además de la transformación que se produjo en los procesos de filmación en cuanto a formatos. También se incluye un análisis de las características técnicas de las distintas cámaras cinematográficas más empleadas en el sector cinematográfico profesional, además de aquellas cámaras que han irrumpido recientemente en el mercado profesional y/o semiprofesional. Por último, una subdivisión de este apartado hace referencia a las cámaras DSLR (*Digital Single Lens Reflex*) como primer enclave hacia una democratización y miniaturización de las cámaras.

En quinto lugar, el apartado 'cámaras deportivas: paradigma de democratización y miniaturización' se centra en explicar las características técnicas y las ventajas que ofrecen este tipo de cámaras que han copado el mercado en los últimos años además de evidenciar sus usos en el sector audiovisual profesional y su posible rumbo en un futuro cercano.

El sexto apartado incluirá unas conclusiones con las que se pretende reflejar una serie de ideas derivadas del análisis y estudio de este proceso evolutivo de democratización y miniaturización de las cámaras.

Por último, el séptimo apartado incluye la bibliografía consultada para la realización de esta investigación.

Respecto a la escritura de esta investigación se denotará la presencia de notas a pie de página que incluirán diferentes URL que harán referencia a las fuentes originales que se han consultado para la elaboración de esta investigación y que han servido a su vez como parte de la bibliografía básica. Por otra parte, las directrices que se han tenido en cuenta para la redacción del trabajo y el sistema de citación son las establecidas por la *American Psychological Association* (APA)², adaptando algunas de ellas a las necesidades específicas de la investigación. La elección de este sistema se debe a que son las reglas de estilo que rigen la redacción científica de la mayoría de los trabajos de investigación.

² Normas de estilo de APA: <http://www.apastyle.org/learn/index.aspx> [Consultado 28/08/2015]

II. NACIMIENTO Y EVOLUCIÓN DE LAS CÁMARAS CINEMATOGRÁFICAS

En este apartado se pretende conocer cuál ha sido el camino que ha llevado hasta la construcción de la primera cámara cinematográfica, el cinematógrafo. Por lo tanto, es menester conocer aquellos instrumentos, inventos y artilugios que ayudaron a configurar la cámara capaz de registrar el movimiento. Así pues, también se profundizará en la incesante evolución y perfeccionamiento del aparato cinematográfico desde su nacimiento en 1895 hasta la llegada de la tecnología digital.

2.1. ANTECEDENTES DEL CINE PRIMITIVO

Para conocer cómo se ha llegado a la situación actual en cuanto a las cámaras cinematográficas y de video digital, cabe remontarse a su origen más remoto. Los orígenes del cine, y por extensión del video digital, suponen la culminación de un proceso evolutivo de distintos inventos. Según explica José Luis Sánchez Noriega (2006), el cine fue posible gracias a la preexistencia de cuatro factores necesarios:

- a) la fotografía o impresión de imágenes en un soporte estable; b) el movimiento de la imagen gracias al fenómeno de la persistencia retiniana y al mecanismo de sucesión de imágenes; c) la proyección en pantalla; y, evidentemente, d) el sonido (2006: 224).

La *persistencia retiniana* es el fenómeno por el cual una imagen permanece una fracción de segundo en la retina incluso cuando sigue la oscuridad y que permite la visión de una sucesión rápida de imágenes fijas como una secuencia (efecto estroboscópico), sin apreciar el parpadeo. Por otra parte, a lo largo del siglo XIX numerosos inventos pretenden lograr la ilusión del movimiento mediante sistemas de proyección públicos y colectivos y mecanismos de animación de las imágenes fijas según nos indican Emilio García y Santiago Sánchez (2002), además del propio Román Gubern (2014). El primer precedente de estos inventos será la *linterna mágica* inventada por Athanasius Kircher en 1645, que consistía en la proyección de imágenes transparentes a través de una lente. Posteriormente, inventos como el *eidophusikon* de Loutherboug (1781) o el *panorama* de Robert Baker (1788) siguieron desarrollando las ilusiones ópticas de realidad, y por tanto, perfeccionando una ilusión del movimiento. Más tarde, el *diorama* de Daguerre (1822) permitía un espectáculo óptico mediante la iluminación estratégica y con intensidades

variables de diversas pinturas transparentes. No obstante, los avances más importantes en este sentido se producen mediante aquellos juguetes ópticos que centraban la ilusión de movimiento en la persistencia retiniana. Es el caso del *taumatropio* de Ayrton (1826) que consistía en una placa circular que al girar producía una superposición en la retina. En esta dirección, el *fenakistoscopio* de Plateau y Stampfer (1833), centraban su ilusión de movimiento en el anteriormente explicado, efecto estroboscópico. Se trataba de un disco con imágenes sucesivas de un movimiento colocado ante un espejo dónde al girar se veían reflejadas las imágenes recreando el movimiento. El *zootropo* o tambor mágico de William George Horner (1834) era un cilindro con hendiduras a través de las cuales se apreciaba el interior del cilindro dónde, al girar, se sucedían imágenes que reconstruían un movimiento. La evolución o desarrollo del *zootropo* fue el *praxinoscopio* de Reynaud (1877) que evitaba la pérdida de luz aplicando dos tambores concéntricos, uno con espejos y otro con las imágenes. Este invento fue desarrollado por el propio Reynaud para lograr una proyección pública –no individual- creando un *teatro óptico* mediante la proyección de imágenes impresas en una cinta perforada, siendo considerado así, un antecedente directo del cine.

El desarrollo del arte fotográfico, paralelamente, permitió acortar los tiempos de exposición además de experimentar con la plasmación de las fases de un movimiento (el galope de un caballo). Muybridge y Marey son las dos principales figuras en este campo. Muybridge fue el inventor del *zoopraxiscopio* en 1879, un aparato que combinaba un *fenakistoscopio* con una *linterna mágica* y que permitía la proyección de imágenes que previamente había tomado con 24 cámaras que se disparaban accionadas por hilos impulsados por un cuerpo en movimiento. Marey, por su parte, logró captar en una sola placa múltiples fotografías con movimientos de animales. Más tarde, sustituiría la placa de vidrio por película de papel, y mediante el empleo de cronofotografía y el fusil fotográfico, permitió exposiciones más largas y rápidas (hasta 100 instantáneas por segundo). Coleman Sellers patentaría en 1861 el *kinematoscopio*, un invento que lograba animar una serie de fotografías montadas sobre una rueda giratoria y mediante el cual realizaría proyecciones públicas.

En la figura 1 se puede apreciar un eje cronológico que aúna gráficamente todos los hitos e inventos que culminaron con la invención del cinematógrafo:

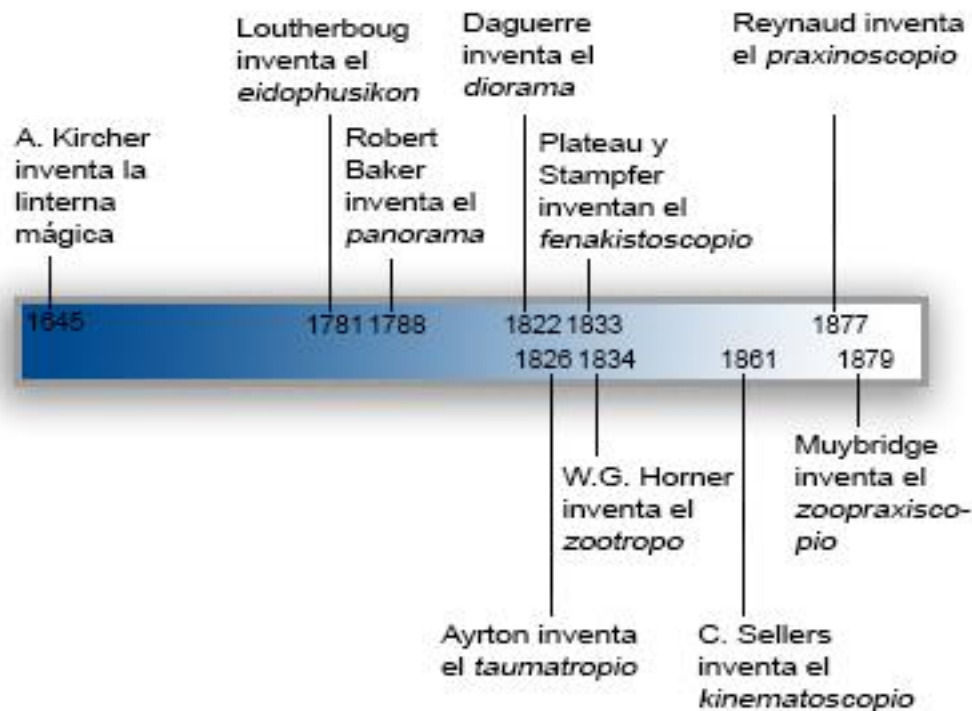


Figura 1. Eje cronológico de inventos que ayudaron al nacimiento del cinematógrafo.

2.2. NACIMIENTO DEL CINE

El nacimiento del cine en el siglo XIX fue posible gracias, entre otros motivos, a las inquietudes de dos figuras históricas en el ámbito cinematográfico como son Thomas A. Edison y los hermanos Lumière. El *kinetógrafo* de Dickson (ayudante de Edison), incorporaba los avances de fotografía en movimiento de Muybridge y la película fotográfica de celuloide de Eastman. Se trataba de una cámara con un dispositivo de movimiento discontinuo que arrastraba la película de celuloide de 35 mm mediante ruedas dentadas. Más adelante, Edison inventaría el *kinetoscopio* en 1894, un precedente del proyector cinematográfico actual que permitía el visionado –individual y no colectivo- de imágenes a 40-60 fotogramas por segundo mediante una caja de madera compuesta por bobinas que arrastraban la película con un movimiento constante. La proyección era posible gracias una lámpara eléctrica, una lente de aumento y un obturador de disco rotativo que iluminaban cada fotograma y ofrecían un movimiento regular. Posteriormente, Latham y Lauste (1895) inventan una cámara-proyector conocido como *panoptikon* o *eidoloscopio* que mejoró el

kinetoscopio ya que permitían proyecciones públicas gracias a una potenciación del sistema de iluminación y a los sistemas de arrastre con movimiento intermitente que evitaba la fractura de las películas. El *vitascopio* de Edison, inventado también en 1895, era un proyector que perfeccionaba el sistema de arrastre mediante perforaciones en el celuloide y que permitía ya, proyecciones públicas. El propio Edison también inventó el *kinetófono*, un invento que sería considerado como el precedente del cine sonoro y que combinaba el *kinetoscopio* y el fonógrafo, aunque en su nacimiento no tuvo éxito alguno. De forma paralela, el *cinematógrafo* era inventado por los Lumière (1895), y la principal diferencia que presentaba frente al *Kinetoscópio* de Edison era que permitía una proyección ante un público frente al visionado individual. Se trataba de una cámara y un sistema de proyección de películas de 35 mm con una cadencia de 16 fotogramas por segundo mediante un arrastre manual (con manivela). Tal y como explicaron en un folleto impreso los propios Louis y Auguste Lumière, el cinematógrafo:

permite la obtención y la visión de pruebas cronofotográficas, en el que una cinta destinada a recibir, o a haber recibido, las impresiones sucesivas se anima con movimientos intermitentes separados por intervalos mediante puntas o garras que penetran en las perforaciones regulares practicadas en los bordes de la cinta; esta cinta recibe o muestra las impresiones sucesivas por una ventanilla cubierta y descubierta, alternativamente, merced a un sector circular que sirve de obturador (Gubern, 2014: 25).

En la figura 2 se puede apreciar una representación gráfica acerca del nacimiento del cine.

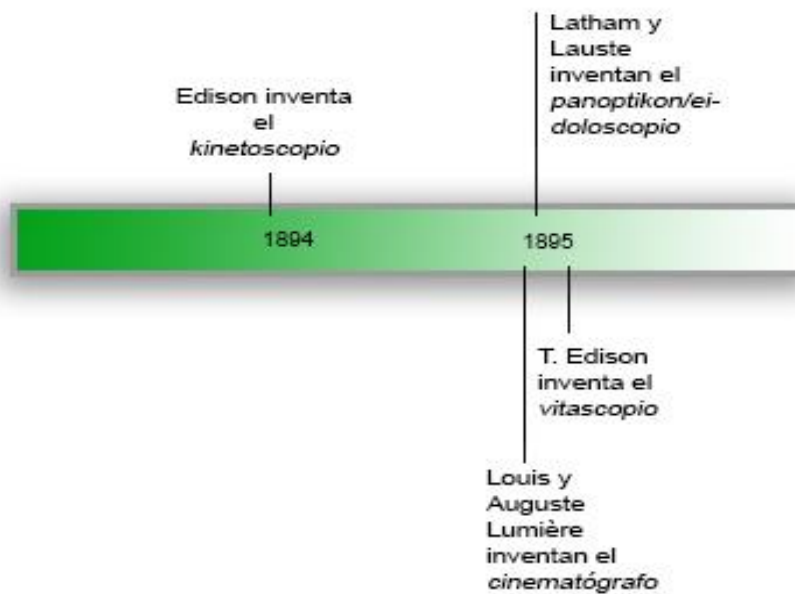


Figura 2. Eje cronológico del nacimiento del cine.

2.3. CRECIMIENTO Y DESARROLLO DEL CINE

En este apartado se pretende distinguir la evolución que ha seguido la cinematografía desde diferentes prismas y/o ramas de desarrollo con intereses bien diferenciados. El cine, tal y como los conocemos hoy, ha sido conformado por la unión y confluencia de intereses tecnológicos muy distintos entre sí pero cuyo denominador común ha sido, aunque sea de manera indirecta, la cinematografía. Principalmente, este trabajo distingue entre una parte del sector cinematográfico interesado en crear imagen en color; otra parte cuya motivación principal ha sido aunar y sincronizar la imagen y el sonido en la cinematografía; y una parte de la industria tecnológica, que aunque no ubica el ámbito cinematográfico en el centro de sus intereses, dirige sus esfuerzos a mejorar y desarrollar equipamientos tecnológicos que indirectamente han ayudado, en gran medida, al desarrollo cinematográfico como hoy lo conocemos.

2.3.1. HACIA UN CINE EN COLOR

Tras la invención del cinematógrafo por parte de los hermanos Lumière, la principal inquietud de los profesionales del ámbito cinematográfico sería lograr colorear los fotogramas de una película (García y Sánchez, 2002). Durante los primeros años del siglo XX, la técnica utilizada se basaba en colorear fotograma a fotograma la película, lo que requería una enorme dedicación y esfuerzo de un número considerable de plantilla. Sería en esta fecha cuando se decidiría a unificar el estándar del paso de la película a 35mm. A partir del 1901, comenzaría a incidirse especialmente en una mayor duración de las películas. En esta fecha, las películas comenzarían a ser de más de 140 metros y a durar entre cinco y quince minutos. En 1902, el trabajo de Edwin S. Porter rompería con la linealidad más evidente para formular nuevas narrativas en el medio cinematográfico, por ejemplo, aplicando saltos espacio-temporales, además de comenzar a establecer una cierta perspectiva en el espacio escénico, con presencia de planos abiertos y cerrados. En 1905, La Pathé Frères desarrollaría el *Pathécolor*, un primer mecanismo que trabajaba con plantillas para dar color a los fotogramas, y, un año más tarde, George Albert Smith crearía el *Kinemacolor*, un procedimiento que tras su comercialización dos años después sería empleado durante varias décadas. En 1915, la compañía Eastman Kodak sacaría a la luz el procedimiento bicromático Kodakchrome para diapositivas en color. Este mismo año se fundó la compañía Technicolor que desarrollaría un procedimiento más sencillo y práctico que el anterior. En 1918, Frank D. Williams inventaría el primer precedente del sistema televisivo denominado *chromakey*. Se trató de un sistema de rodaje que permitía rodar a los actores u objetos en primer plano sobre un fondo blanco o negro para posteriormente reubicarlos en otros fondos. No sería hasta 1928 cuando el sistema Technicolor alcanzaría un nivel razonable en cuanto a procedimiento de color en las películas, ya que incorporaba tres negativos que absorbían los tres colores fundamentales. Hasta ese momento, los principales problemas de este sistema eran en cuanto al copiado y proyección, además de tratarse de un sistema bicolor. Ya en 1932, las películas rodadas en color empezarían a adoptar el procedimiento Technicolor – tricromático- de manera sistemática y con ello se iría perfeccionando año a año el sistema, por ejemplo, permitiendo rodajes en interior y exterior. Paralelamente al sistema Technicolor, la empresa Agfa desarrollaría el sistema Agfacolor que en 1941 presentaba ya una gran calidad de imagen. Se trataba de la alternativa alemana al sistema americano Technicolor. En 1955 se estrenaría la película *Oklahoma* (Zinnemann) en un sistema llamado Todd-AO que rodaba en películas de 65mm para ser proyectada en 70mm. Este hecho favorecía el cine espectáculo y comenzaba a sedimentar el uso de grandes formatos en el cine para distinguirse de la televisión.

En la figura 3 se representan gráficamente los avances en el cine respecto a la imagen en color.

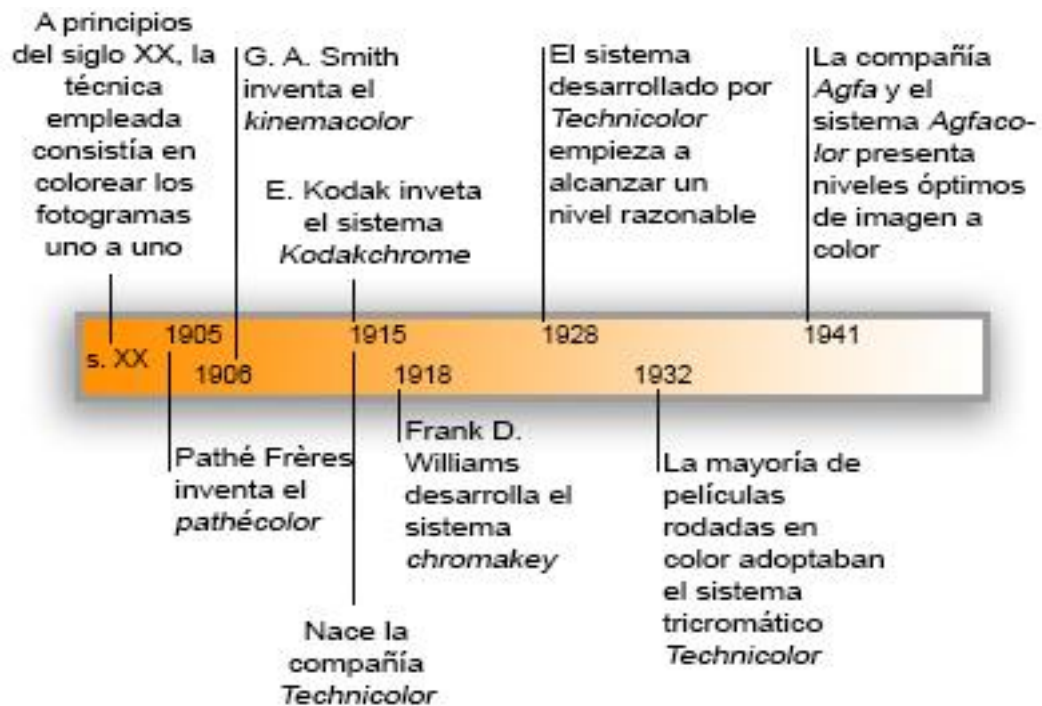


Figura 3. Eje cronológico de los avances del cine en materia de color.

2.3.2. HACIA UN CINE SONORO

A partir de 1910 la sincronía entre imagen y sonido ya era perfecta gracias a un procedimiento que tiene como base la grabación en un fonógrafo. Concretamente, Edison realizaría pruebas uniendo dos de sus inventos, el fonógrafo y el *kinetoscopio*. El procedimiento era el siguiente: una película era proyectada mediante el *kinetoscopio*, el cual estaba unido mediante un sistema de poleas a un fonógrafo, dando como resultado, en condiciones ideales, una cierta sincronía entre imagen y sonido. El problema era que debido a la exigencia de dichas condiciones, no siempre se lograba la sincronía, siendo por tanto, un sistema poco fiable. Este invento recibiría el nombre de *kinetófono*, y la primera

película que originó fue "Dickson Experimental Sound Film"³. No obstante, la industria cinematográfica se mostró reticente a su incorporación debido a la insuficiente calidad de las grabaciones sonoras. En el ámbito del sonido, el año 1918 sería inventado un sistema sonoro llamado Tri-Ergon que permitía la grabación directa en el Celuloide, pero no sería hasta 1922 cuando se presentaría la primera película con sonido incorporado mediante este sistema, *Der brandstifter* (Engel, Vogt y Massole). El año siguiente, sin embargo, se llevaría a la gran pantalla, *Das leben auf dem dorfe*, el primer film sonoro presentado por la UFA. En este sentido, el ingeniero Lee De Forest presentaría en abril de 1923 el *Phonofilm*, un sistema que facilitaba la unión de sonido e imagen en un mismo soporte. A partir de este momento, el mundo del cine realizaría un viraje para orientar su producción hacia un naciente cine parlante o sonoro. En primera instancia, el sonido, principalmente canciones, era registrado en un fonógrafo y posteriormente se filmaba al actor gesticulando ante la cámara. En 1926, se emplearía el sistema *Vitaphone* basado en la grabación del sonido en discos en la película *Don Juan* (Crosland) cuya novedad radicaba en emplear el sonido (música) como un nuevo elemento expresivo. En el 27', la Fox, que había adquirido los derechos del sistema alemán Tri-Ergon, presentaría el sistema *Movietone* que permitía registrar el sonido (óptico) en la propia película, evitándose así posibles desincronizaciones. Este mismo año se estrenaría, *Orgullo de raza* (Crosland), que incorporaba por primera vez ruidos y efectos sonoros mediante *Vitaphone*. No obstante, el mayor hito en cuanto a nacimiento de cine sonoro corresponde a la película *El cantante de jazz* (Crosland) dónde, por primera vez, un actor se dirigió al público para decir: "Esperen un momento, pues todavía no han oído nada. Escuchen ahora." (Gubern, 2014: 220). Según indica Román Gubern, esta escena conmovió a los espectadores allí presentes y abrió definitivamente las puertas a un nuevo cine, el cine sonoro. Este autor, también señala que el desarrollo del cine sonoro fue posible gracias o por culpa de una posible bancarrota de los hermanos Warner, quienes se lanzaron al cine sonoro para intentar salvar su negocio. Tras la aparición de *El cantante de jazz* comenzó una batalla de patentes de sistemas sonoros. Fueron tantos y tan diversos que en 1928 se decidió optar por uno de ellos para establecer un estándar de sonoridad. Finalmente se escogió el *Photophone*, un sistema basado en el sonido óptico desarrollado por la *Radio Corporation of America* (RCA), que tenía un procedimiento similar al *Movietone* de la Fox, y que fue considerado como el más eficaz y rentable. A finales de 1930 se había generalizado por todo el mundo el cine sonoro, y cada vez eran menos los adeptos y defensores de un cine

³ <http://www.agenciasinc.es/Multimedia/Ilustraciones/Centenario-del-kinetofono>
[Consultado 01/07/2015]

mudo y silente. En 1935 la empresa AEG patentaría un sistema que permitía grabar en cinta de plástico, hecho que posteriormente daría lugar al nacimiento de la grabadora. En 1940, la película *Fantasía* incorporaría por primera vez en el cine un sonido estereofónico en la proyección gracias al *Fantasound*, un sistema que permitía grabar hasta cuatro pistas de sonido en una película magnética. En el 42', Siemens-AEG iniciarían la fabricación comercial del magnetófono, en primer lugar con alambre y posteriormente con cinta de plástico. En 1946 dos ingenieros de Columbia desarrollarían un sistema de grabación y reproducción basado en el microsurco que requería el uso de discos y que mejoraba, fundamentalmente, la duración de las grabaciones. Al año siguiente, ya se comenzó a usar, aunque de forma experimental, la cinta magnética para la grabación de sonido en el ámbito cinematográfico. A partir de 1948 el sonido comenzó a tomar la vía del micro surco y Columbia Records inventaría el *long-play*. Los discos de plástico desplazarían a los de goma laca, ya que cada una de las caras permitía grabar más de veinte minutos, además la discográfica RCA comercializaría el microsurco de 45 rpm. Ya en la década de los 50', el sonido comenzó a desarrollar mejoras importantes que tenían como finalidad ajustar la calidad del sonido, aún un escalón por debajo, a la de la imagen. En este contexto, las cintas magnéticas comenzarían a imponerse como sistema de almacenamiento de datos, además, la discográfica alemana Deutsche Gramophon comercializó el *long-play*, un disco de gran formato que permitía grabaciones de larga duración. En la película anteriormente mencionada, *Oklahoma*, se conseguía por primera vez una calidad de sonido inaudita hasta la fecha, gracias a un sistema de sonido sobre seis pistas. Los sistemas de sonido se habían ido desarrollando y perfeccionando hasta la llegada, en 1971, del sistema *Dolby System* de grabación y reproducción, que fue empleado por primera vez en la película *La naranja mecánica* (Kubrick). En 1972 ya se comercializaba un sistema cuadrafónico (con cuatro fuentes de emisión de sonido) a través de discos. Estos sistemas permitían inmergir al espectador en un incipiente espacio sonoro dentro del film. En esta fecha se agudizaría enormemente la calidad, y, en este sentido, se pondrían a la venta los primeros altavoces de alta fidelidad. En 1977, en *La guerra de las galaxias* (Lucas) se emplearía el sistema de grabación de sonido conocido como *Dolby Stereo*, con cuatro pistas, que ofrecía una calidad sin igual hasta el momento. Los propios Dolby Laboratories desarrollarían y mejorarían el sistema de grabación y reproducción de sonido dedicado exclusivamente a la producción y exhibición de productos cinematográficos. Así, en 1990 se estrenaría *Dick Tracy*, una película de Warren Beatty, que es considerada como la primera que emplea en su totalidad sonido digital.

En la figura 4 se representan gráficamente los primeros avances en el cine sonoro.

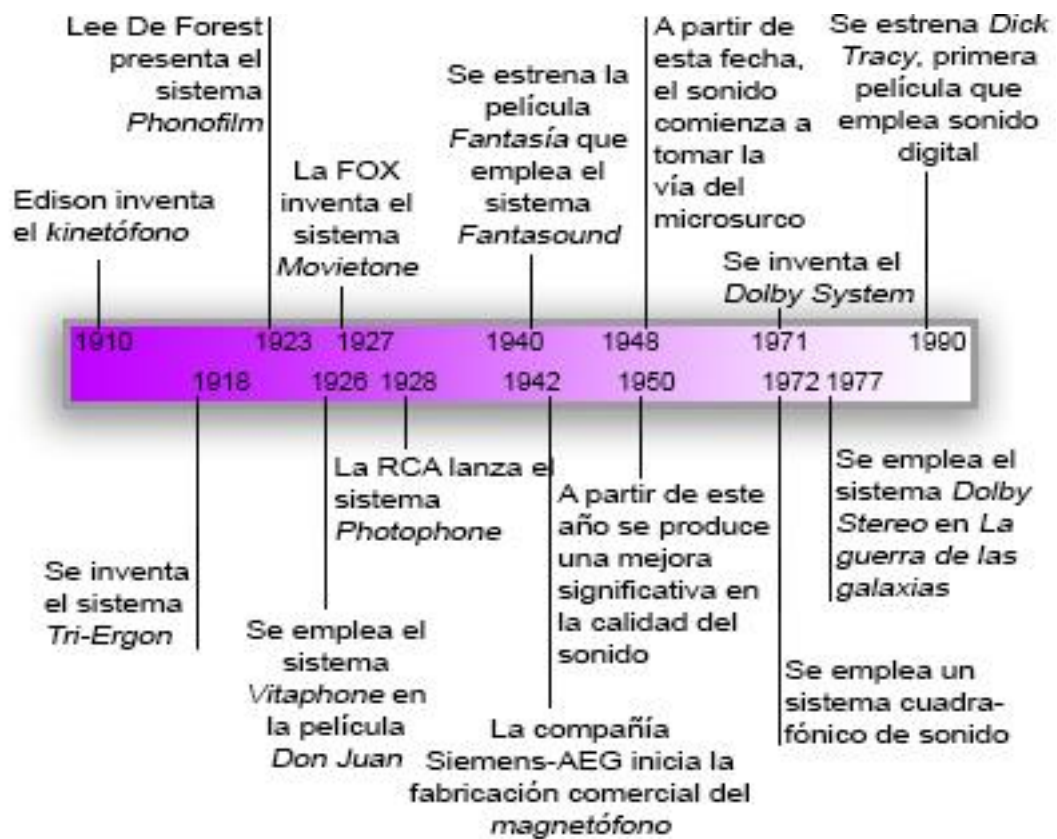


Figura 4. Eje cronológico de los avances del cine sonoro

2.3.3. COMERCIALIZACIÓN DE EQUIPOS DOMÉSTICOS Y PROFESIONALES

En 1922 se produciría la comercialización de “Pathé Baby”, un sistema doméstico de cine que permitía proyectar y grabar a cualquier persona en un formato de 9,5 mm. Este hecho marcaría un precedente en cuanto a la aparición de nuevos cineastas aficionados. En 1926 se comenzaría a producir a gran escala la primera cámara fotográfica de pequeño formato, la “Leica”, cuyo objetivo principal era llegar a los aficionados y, en definitiva, al consumo masivo. En 1938 se introduciría en el mundo cinematográfico la cámara alemana Arriflex, creada por August Arnold y Robert Ritcher, que ofrecía unas altas prestaciones y que además sería considerada la primera cámara réflex. Una década después, Edward Herbert Land introduciría en el mercado el sistema Polaroid para fotografía en blanco y negro, sin embargo, no sería hasta 1963 cuando adaptaría el sistema Polaroid para la fotografía en color. Este mismo año, en el ámbito del sonido, la compañía Philips presentaría la primera grabadora con *cassetes* que se acabaría convirtiendo en un hito en el mundo de la electrónica doméstica, y que sería comercializada en 1966. Con el *cassete*

se ofrecían nuevas posibilidades de grabación y reproducción musical en movimiento. Volviendo a la imagen, y más concretamente a la fotografía, en 1972 aparecerían en el mercado las primeras cámaras fotográficas electrónicas por parte de marcas como Pentax, Leica o Canon. En cuanto a cámaras de cine, John Dykstra desarrollaría en 1977 la "Dykstraflex", una cámara controlada por ordenador que facilitaría muchos de los planos que exigía la producción de *La guerra de las galaxias*. En el 79', Akio Morita y Sony sacaron al mercado el *walk-man*, cuyo éxito fue rotundo aunque tan solo un año después, la propia Sony y Philips comenzaron a comercializar los primeros equipos compactos (CD), que supusieron una revolución en la electrónica de consumo. Significaba la entrada por completo en el mundo digital, con una mayor calidad y un menor desgaste del producto. La llegada del CD revolucionó sobre todo el sector musical y discográfico. La dupla Sony y Philips consolidarían la era digital al inventar el CD-DA y el CD-ROM. El CD-DA o *compact-disc digital audio* permitía almacenar en un solo disco más de setenta minutos de sonido estereofónico de alta calidad. El CD-ROM o *compact-disc read only memory* era un disco que ofrecía nuevas posibilidades además del audio: podía contener texto, gráficos, imágenes en movimiento, fotografías... Se accedía a la información que contenía mediante un lector conectado a un PC. En cuanto a la fotografía, en 1996 las principales compañías del sector como Kodak, Fuji, Minolta o Canon, se unieron para comercializar el APS (*Advanced Photo System*), un sistema dirigido principalmente a aficionados que contenía una película un 40% más pequeña, de más calidad y más resistente, que almacenaba en bandas magnéticas la información. Esto conllevará un cambio en los aparatos, que pasarían a ser de menor tamaño y más ligeros, y en los negativos, facilitando su archivo y reproducción. Sin embargo, tan sólo un año después, la empresa Sony comercializaría la cámara fotográfica digital DKC1-ID1, con la cual se pueden procesar las fotografías en el ordenador personal mediante un conector.

2.4. EL NEGATIVO FOTOQUÍMICO Y LA EMULSIÓN FOTOGRÁFICA

Llegados a este punto, cabe explicar más detalladamente un elemento fundamental tanto para el nacimiento y desarrollo del cine como para el cambio de paradigma tecnológico analógico a digital. Este elemento es la película fotográfica o negativo. William Dickson, ayudante de Edison, fue quien creó el tamaño estándar para el negativo o película cinematográfica (35mm) a partir de experimentos con la cámara de Kodak Brownie creada por Eastman Kodak en 1889 cuyo rollo de película fotográfica tenía una anchura de

70mm. Así, Dickson redujo el tamaño del negativo para hacerlo más manejable y práctico en el uso del *kinetoscopio*. Posteriormente, Kodak seguiría las pautas que Dickson había marcado y establecería que:

[...] la película que se perforaría en ambos bordes, sesenta y cuatro veces por pie (30,48cm), para engranarse con los rodillos dentados de la cámara Kinetógrafo. Estas especificaciones físicas siguen siendo el estándar mundial para la fotografía cinematográfica y la exhibición en salas de cine (Kodak, 2010: 7).

El funcionamiento de una película o negativo se basa en la emulsión fotográfica del soporte. “La emulsión fotográfica es un compuesto químico capaz de ennegrecerse o colorearse cuando recibe la luz, y permanecer ennegrecida o coloreada durante largos periodos de tiempo sin una degradación importante” (Llorens, 1995: 37). Además, el apelativo de ‘negativo’ responde a una explicación acerca de su propio funcionamiento: capta la luz en el sentido contrario a las densidades de la captación fotográfica. Es por ello que es necesario convertir a ‘positivo’ para recuperar los valores originales de la captación de la escena. Este proceso de ‘positivar’ se lleva a cabo mediante la aplicación de una luz que permite obtener la imagen siguiendo la concordancia de tonos y de color respecto a las densidades de captación, según afirma en su tesis doctoral Rafael Suárez (2011). La estructura del negativo se compone de varias capas que ofrecen las mayores garantías posibles en el proceso de filmación.



Figura 5. Estructura de la película (Kodak, 2010: 30)

El soporte de la película, en su nacimiento, estaba compuesto por nitrato de celulosa, un producto altamente inflamable e inestable. Posteriormente, en el año 1943 se

empleó el triacetato de celulosa, que ofrecía mayor seguridad respecto al primer material utilizado y que se sigue empleando en la actualidad como soporte del negativo debido a que se trataba de un tipo de película ininflamable (García y Sánchez, 2002). Como se aprecia en la figura 5, el soporte de la película tiene la función principal de servir como base y soporte para ofrecer mayor resistencia y estabilidad al negativo. Las películas positivas, por su parte, están compuestas con poliéster, que ofrece mayor capacidad de resistencia frente al uso y el paso del tiempo. La capa o capas de emulsión son el principal componente fotográfico de la película que almacena los haluros de plata. Esta sustancia química tiene una sensibilidad a la luz que permite la captación fotográfica y su posterior revelado. La diferencia fundamental en cuanto a las películas de color son las capas de colorante (cian, magenta y amarillo) que se encuentran en las capas de emulsión, una sobre la otra, y que son sensibles al color. La subcapa aglutinante tiene como función principal fijar la capa o capas (según sea película en color o blanco y negro) al soporte de la película. La supercapa y el respaldo antihalo, ubicadas en la parte más exterior del negativo fotoquímico, tienen una función meramente de protección del negativo, para evitar daños al desplazarlo y evitar también la radiación ultravioleta que puede alterar las partículas fotosensibles de los haluros de plata. La imagen que queda fijada en el negativo se conoce como 'imagen latente'. El proceso de revelado permite que los haluros de plata conformen la imagen mediante un proceso químico determinado que los convierte en plata pura.

2.4.1. FORMATOS FÍLMICOS ANALÓGICOS

La película fotográfica que se ha empleado tradicionalmente para las producciones cinematográficas adapta, principalmente, tres formatos: 16mm, 35mm y 65mm. También el formato Super8 se ha empleado de forma menos frecuente como soporte de producción cinematográfica, aunque más bien es considerado un soporte o formato no profesional. El formato, hace referencia también a la proporción y el aspecto de la imagen, "la proporción entre la anchura y la altura de una imagen" (Kodak, 2010: 36). En la figura 6 pueden observarse las diferencias de tamaño en los distintos formatos fotoquímicos que explicaremos.

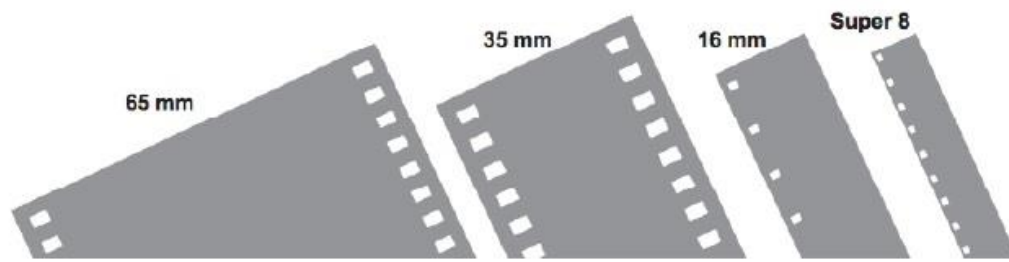


Figura 6. Representación de las diferencias de tamaño entre los formatos fotoquímicos (Kodak, 2010: 30)

Así, pueden presentarse diferencias en cuanto a la relación de aspecto con un mismo soporte. Los soportes fílmicos han ido adaptándose a las relaciones de aspecto que permitían conseguir un mayor espacio para la captación de la imagen, pero también se han adaptado a distintas proporciones para mejorar la proyección, tal y como se observa en la figura 7.



Figura 7. Relaciones de aspecto en un negativo de 35mm: en verde 1,37:1; en amarillo 1,85:1; en rojo 1,66:1; y en morado 1,78:1 (Kodak, 2010: 39)

La configuración primera del negativo tenía una relación de aspecto de imagen conocida como *full screen*, de 1,33:1 (4:3 al referirse a la TV), y más tarde, el formato que recibió el nombre de “académico”, de 1,37:1, supuso un nuevo estándar en cuanto a captación y proyección. El Cinemascope, inventado en 1953, modificaría de nuevo el estándar para definir una nueva relación de aspecto de 2,35:1.

1.4.2 35MM Y SUPER35

El formato de 35mm es el estándar por excelencia en las producciones cinematográficas con soporte analógico, fundamentalmente cine mudo y primeros años del sonoro. Como se ha indicado anteriormente, su desarrollo fue posible gracias a la complementariedad de los avances de Dickson, Edison y Eastman Kodak, aunque sería éste último quien en 1950 lanzaría al mercado una película en color llamada *Eastmancolor*, en 35mm, que se acabaría imponiendo en todo el mundo. La principal novedad respecto al 35mm que empleaban los hermanos Lumière era la incorporación de cuatro perforaciones rectangulares en el fotograma inicial frente a las dos perforaciones circulares que presentaba la película de los cineastas e inventores franceses. Así pues, según explica José Martínez Abadía (1988), la película estaba compuesta por nitrato de celulosa, tenía un ancho de 35mm y una relación de aspecto de 1,33:1, estableciéndose así un canon o estándar en el cine y cuyas medidas son 18,67 mm de alto por 24,89 mm de ancho, empleando toda el área de la imagen posible. Esta misma relación de aspecto se emplea actualmente en rodajes que no requieren sonido óptico. Como hemos anticipado anteriormente, tras el formato *full screen* se impondría el formato académico cuya relación de aspecto era 1,37:1. Esta nueva relación de aspecto surgió en 1927 respondiendo a la necesidad de “reservar un espacio para la banda sonora” (Martínez, 1988) y, en su origen, tenía una relación de aspecto de 1,21:1 que se corregiría en 1932, estableciendo el estándar de relación de aspecto de 1,37:1. Las nuevas dimensiones de la imagen eran 16,03 mm de alto por 22,05 mm de ancho. Este formato sigue empleándose en la actualidad para rodajes de productos que requieran banda de sonido óptico.

Con la llegada de la televisión, cuyo estándar de relación de aspecto era de 4:3 (1,37:1), el cine adecuó la imagen al aparato perceptivo del ojo humano estableciendo nuevos formatos panorámicos. Esta modificación surgió como una necesidad de

distanciarse del medio televisivo. Así, la relación de aspecto que acabaría imponiéndose sería la conocida como “Cinemascope” o “Scope”, introducida en 1953 por la *Twentieth Century-Fox*, que pasó de 2,55:1 en su primera aparición a la definitiva 2,35:1, debido a la necesidad de incorporar una banda sonora adicional. No obstante, aunque el Cinemascope acabaría imponiéndose como estándar en la industria cinematográfica, presentaba un *hándicap* importante: requería objetivos anamórficos frente a los habituales esféricos en las cámaras (García y Sánchez, 2002). Así, surgirían otros formatos panorámicos que permitían ofrecer una imagen panorámica sin necesidad de emplear lentes anamórficas, como el 1,66:1, que fue el formato panorámico adoptado en Europa, o el 1,85:1 o formato panorámico americano, que acabaría imponiéndose como formato panorámico estándar. Mientras que el formato panorámico europeo ofrecía unas dimensiones de 18,67 mm de alto por 24,89 de ancho, el formato norteamericano ofrecía 12,91 mm de alto por 22,05 mm de ancho. Las principales diferencias entre ambos son que el formato europeo era más similar al formato académico que a un formato panorámico, además, el formato panorámico norteamericano presentaba unos costes más baratos en cuanto a procesado y compra del negativo debido a que sólo requería tres perforaciones por fotograma. Así, este formato acabaría imponiéndose no sólo en cuanto a formato de grabación, sino también respecto al formato de reproducción o proyección. Una ventaja sustantiva de este formato en la actualidad es que su adaptación al formato de video actual de 16:9 o 1,77:1 supone una pérdida mínima de información en los laterales de la imagen.

En cuanto al soporte conocido como Súper 35mm, ofrecía la posibilidad de rodar con cualquier tipo de formato, desde el Scope (reformateando la imagen para poder ser visionado) hasta el *full screen* de 1,33:1. Fue inventado en la década de los 60', y su principal baza era precisamente, esta adaptación a cualquier tipo de formato que pueda exigir una producción cinematográfica, tal y como explica Samuelson (1998).

No obstante, existieron otros muchos formatos de captación de la imagen cinematográfica, pero se ha prestado especial atención a aquellos formatos cuyo uso era más habitual o extendido entre la industria cinematográfica.

1.4.3 16MM Y SÚPER 16

El formato de 16mm tenía dos ventajas significativas respecto al formato hegemónico de 35mm: más ligero y más barato. La figura principal que comenzó a emplear y generalizar el uso del 16mm fue Eastman Kodak en 1923, aunque si bien, esta alternativa se presentó como un formato o soporte no profesional para el ámbito

cinematográfico, aunque también ha sido empleado en películas tanto de alto como de bajo presupuesto. No obstante, la llegada de la televisión supondría un aumento en el uso del 16mm, precisamente porque eran películas más ligeras, y por lo tanto más prácticas, que las de 35mm, lo que permitía a la televisión los rodajes de noticias en exteriores. A día de hoy, este formato ha quedado relegado a determinados círculos dentro del mundo cinematográfico como los cortometrajes, fundamentalmente debido a la aparición de las tecnologías digitales (Martínez y Serra, 2000).

El formato de 16mm estándar dispone los fotogramas con unas medidas de 10,26 mm de ancho por 7,46 mm de alto, con una relación de aspecto de 1,37:1 y con perforaciones a ambos lados del negativo. Por su parte, el Súper 16 o "Runescope", como ya sucedería con el Súper 35, se trataba de una evolución del formato que permitía adaptar el estándar. Aparece en 1970 y presenta unas características concretas: una sola perforación y no incluye banda de sonido, por lo que permitirá abarcar un mayor espacio exclusivamente para la captación de las imágenes. En este sentido, el formato Súper 16 sufrió varias adaptaciones a distintas relaciones de aspecto, pasando del académico 1,33:1 al 1,66:1 (antiguo formato panorámico europeo) y más tarde al 1,85:1 (formato norteamericano y estándar del sector cinematográfico). No obstante, cabe destacar que este formato no es útil para ser posteriormente proyectado. El Súper 16 debe someterse a un proceso de ampliación óptica de la imagen que permite adaptarlo al 35mm u otro formato de proyección, o bien mediante un telecine en el caso de que su finalidad sea la de producciones televisivas (García y Sánchez, 2002).

1.4.4 65MM, IMAX

El formato 65mm ofrece una relación de aspecto 2,2:1 que permite una mayor amplitud del panorámico sin emplear lentes anamórficas. Sin embargo, cuando la película se ha de preparar para ser proyectada, se añaden 5 milímetros dedicados a las bandas magnéticas de sonido, por este motivo, el 65mm también es conocido como 70mm. Este tipo de soporte surge en 1955 y su ventaja principal, como hemos señalado anteriormente, es la capacidad de ofrecer hasta cinco veces más de superficie de imagen que el estándar de 35mm, lo que implica una mayor calidad de imagen, mientras que su principal desventaja es el tamaño y peso de los equipos que requiere y del propio negativo fotoquímico. Las dimensiones de este formato eran de 23,92 mm de alto por 52,63 mm de ancho y presentaba cinco perforaciones.

Las investigaciones de la firma IMAX (1986) la llevan a mejorar el sistema de proyección por el que la película pasa horizontalmente por delante del proyector, mejorando todavía más la calidad de la proyección. A partir de esta fecha y sucesivamente irán apareciendo en el mercado otros sistemas derivados del IMAX, con nombres como "IMAX 3D", "IMAX Sólido" (se necesitan gafas especiales para el visionado), "IMAX Magic Carpet" e "IMAX HD", todos ellos buscando siempre el mayor espectáculo visual.

1.4.5 SÚPER 8

Este tipo de formato fotoquímico tuvo un gran éxito desde su aparición en 1964 por Eastman Kodak pese a que fue considerado como 'no profesional'. También el formato 8mm inventado por la compañía Kodak en 1933 fue comercializado orientado hacia el mercado doméstico o *amateur*. La ventaja de este tipo del Súper 8 frente al 8mm era que permitía captar una superficie de imagen mayor debido a la ausencia de banda magnética para captación de sonido y, sobre todo, al hecho de presentar una única perforación, más reducida que las del 8mm estándar, en uno de los laterales. Las medidas de este formato cinematográfico eran de 4,01 mm de alto por 7,09 mm de ancho. Además, la película era especialmente fácil de cargar en la cámara gracias a un sistema de cartucho que evitaba que el usuario tuviera que enhebrar manualmente la película.

Este tipo de formato, no profesional, como ya hemos comentado, permitió, por primera vez desde la invención del cinematógrafo, que aquellas personas con un presupuesto limitado pudieran acceder a cámaras y películas con un coste relativamente accesible. La llegada del Súper 8 en la década de los 60' significaba la apertura a un mercado doméstico, de video aficionados y que supuso la comercialización a gran escala de productos del pequeño formato cinematográfico. La clave de este primer paso hacia una democratización de las cámaras cinematográficas fue la sencillez que presentaba este tipo de aparatos de captación fílmica: la película se presentaba montada en un cartucho que facilitaba la filmación y el posterior revelado; se erigió el tipo de película 40 ASA como formato estándar para luz interior; las cámaras también incorporaban un filtro Wratten 85 A (color ámbar) colocado entre el objetivo y la película que permitía filmar tanto en interiores como en exteriores. Otro aspecto a destacar es el tamaño y peso reducidos tanto de las cámaras como de las cintas o cartuchos que hacían del Súper 8 un formato práctico y accesible a los aficionados y a los cineastas con pocos recursos.

Las primeras cámaras que salieron al mercado por Eastman Kodak fueron las Instamatic M2, Instamatic M4, y la Instamatic M6 además de los proyectores Instamatic

M50, Instamatic M60, Instamatic M70, Instamatic M80, Instamatic M90 y el Instamatic M100. Al mismo tiempo surgió la Beaulieu 2008 S, una cámara de altas prestaciones que no estaba al alcance de cualquiera.

Como ocurre con otros formatos, a partir del Súper 8 nacieron otros formatos como el Doble Súper 8 o el Single 8. El Doble Súper 8 requería una película de 16mm de ancho pero con las perforaciones del formato Súper 8. Se filmaba por una mitad de la película y posteriormente se le daba la vuelta para poder filmar por la otra mitad antes de ser revelada. La primera cámara que se comercializó de Doble Súper 8 fue la Pathe Professional Reflex DS8/BTL desarrollada por la Pathe Products Inc. El Single 8, por su parte, fue introducido por la compañía japonesa Fuji Photo Film Corporation y tenía unas dimensiones idénticas al Súper 8 por lo que la única diferencia radicaba en el sistema de cartuchos y en el soporte, sustituyendo el triacetato por poliéster. La primera cámara para Single 8 fue la Fujica P1 y los proyectores Fujicascope M1 y Fujicascope M2 desarrollados todos ellos por la empresa Fuji Photo Film Corporation.

Por lo tanto, el Súper 8 (y todas sus modalidades) se convertiría en el formato hegemónico de filmación de recuerdos familiares y películas de bajo presupuesto hasta la llegada del soporte magnético como sistema de captación de imágenes (video) en los años 80' que acabaría imponiéndose y relegando al Súper 8 a un desuso progresivamente mayor. También es cierto que en la actualidad, el Súper 8 se encuentra en una etapa de resurgimiento gracias al apoyo de los aficionados y de cineastas inexpertos que pretenden obtener una estética cinematográfica a bajo coste y diferente del video convencional.

III. LA REVOLUCIÓN VIDEOGRÁFICA: DEL ANALÓGICO AL DIGITAL

A partir de la década de los 60' y, sobre todo, de los 70', la industria audiovisual abrió sus horizontes hacia el uso de una nueva y emergente tecnología digital. Se produjo un cambio de paradigma debido a una serie de razones, que a continuación se explican, con fundamento principalmente económico. La tecnología digital es – y era- más barata y rápida que la tecnología analógica. Aunque si bien es cierto que la calidad de la tecnología digital no es tan alta como la que ofrece la tecnología analógica, con el paso del tiempo se acerca progresivamente. Así, en este apartado del trabajo, se explicará de una manera más detallada, cómo se produjo esa transición hacia una nueva tecnología digital.

3.1. EL CINE EN LA ERA VIDEOGRÁFICA

Con el desarrollo de la televisión y sus extensiones tecnológicas (televisión por cable, videocasete, televisión por satélite...) se produjo un declive comercial del sector cinematográfico. Como explica Gubern (2014), esta transformación del mapa cinematográfico mundial implicó la especialización obligada del sector cinematográfico en busca de nuevos espacios y ofertas que no pudiera abastecer el televisor: una reorientación de las estructuras, estilos y estrategias de la industria cinematográfica. Por una parte, las grandes empresas norteamericanas apostaron por las superproducciones con ingentes efectos especiales y destinadas a la macropantalla, destinadas a un público heterogéneo, con perfiles de distinta clase social y de distintas edades, que bebía del mismo lenguaje expresivo que los telefilms. Por otra parte también se optó por campos donde la oferta televisiva rehusaba entrar debido a las transgresiones morales que suponía, como es el caso de la violencia y el sexo: las cintas de terror, de artes marciales o incluso el cine pornográfico fructificaron en esta época de incertidumbre debido a que se consideraba a la televisión como un “instrumento de comunicación familiar fundamentalmente conservador” (Gubern, 2014: 502). Aunque el resorte más culturalista en el cine vino con ‘el cine de autor’ que se fraguó en los renovadores y vanguardistas años 60'. Este cine estaba orientado hacia espectadores jóvenes y miembros de la burguesía ilustrada que eran, en definitiva, círculos minoritarios. Así este nuevo género comercial del cine de autor que se interpretó como *modernidad* cinematográfica sufrió, dependiendo de los intereses, distintos reveses debido a los altos costes de producción y

la migración de los espectadores al medio televisivo: algunos de estos cineastas negociaron con la gran industria ciertas fórmulas para sobrevivir al desafío del momento; otros fueron rescatados gracias al mecenazgo institucional; otros fueron absorbidos por la televisión o por las nuevas industrias audiovisuales como la publicidad, o el propio cine industrial; y otros, simplemente, dejaron de hacer cine. A todos estos factores cabe sumarle el inminente proceso de digitalización que se estaba llevando a cabo en todo el sector audiovisual, dónde la tecnología digital comenzaba a alcanzar resultados significativos en el campo de la 'alta definición', que viene a significar, el hecho de ser capaces de alcanzar la calidad técnica de los soportes fotoquímicos mediante soportes y formatos digitales.

Por lo tanto, tras la crisis del petróleo de 1973, la industria cinematográfica norteamericana pretendió apaciguar el desánimo de la sociedad norteamericana con superproducciones que frenaban el auge del cine de autor. Aunque es cierto que la industria de Hollywood se nutrió de ciertos contenidos críticos y desmitificadores que había propuesto el cine de autor. Así, la configuración de la nueva oferta cinematográfica norteamericana no era fruto de la casualidad: la edad media de los espectadores de cine en 1980 era de trece a veinte años. De este modo, es comprensible el auge de géneros adolescentes o sensacionalistas como el cine de terror y las obras de ciencia ficción.

Este tipo de películas requerían un enorme presupuesto y eran fruto por tanto de las grandes multinacionales norteamericanas. Este hecho fue posible debido a una reestructuración de la industria cinematográfica que implicó la fusión o absorción de las productoras antiguas dentro de grandes conglomerados industriales.

3.2. LA TRANSICIÓN TECNOLÓGICA

En este apartado se pretende esclarecer de qué manera se produjeron los cambios tecnológicos pertinentes en diversos ámbitos e industrias cuya confluencia terminó afectando al sector audiovisual. Por lo tanto, esta parte del trabajo estará guiada por los diferentes hitos y/o avances tecnológicos importantes que se produjeron en los distintos ámbitos y que siguen una estructura diacrónica, para comprender, con una visión general, cómo se ha llegado al uso de la tecnología digital en la industria audiovisual actual.

3.2.1. IMAGEN CINEMATOGRÁFICA Y VIDEOGRÁFICA

La transición de una tecnología analógica a una tecnología digital tiene como piedra angular la grabación videográfica basada en la magnetización molecular de una cinta flexible recubierta por un óxido metálico, según señala Gubern (2014), es decir, este sistema basaba su funcionamiento en la capacidad de un magnetoscopio o VTR (*video-tape-recorder*) que grababa imágenes en movimiento en una cinta magnética. Eugeni Bonet (2010) completa en este sentido el concepto de grabación videográfica y explica que el video es aquella “manifestación y/o registro y/o reproducción de sonidos e imágenes por procedimientos magnéticos de forma sincrónica y simultánea” (Bonet, 2010: 15). La grabación videográfica comenzó a establecerse en 1957, a partir del lanzamiento al mercado del *video-tape-recorder* o magnetoscopio por parte de la compañía Ampex, en las estaciones de televisión norteamericanas debido a que presentaba unas ventajas importantes respecto a la imagen fotoquímica. En primer lugar, la grabación videográfica ofrece una imagen latente y que podía ser visualizada mediante un lector conectado a un monitor televisivo, sin necesidad de recurrir a los procesos químicos de revelado del negativo. También a su favor ofrecía la posibilidad de borrar y regrabar las cintas utilizadas. Aunque como desventajas principales presentaba, por una parte, la vulnerabilidad a los campos magnéticos debido a su propia naturaleza magnética, y, por otra parte, un mayor deterioro con el paso del tiempo que el formato fotoquímico. También es importante destacar que presenta una menor calidad de imagen que la imagen cinematográfica, además de ofrecer una textura completamente diferente (Gubern, 2014).

El primer paso hacia la tecnología digital fue dado por la compañía Sony, que lanzaría en 1975 su sistema videográfico Betamax, y con él, las cintas de video de media pulgada. A finales del 1981, la industria japonesa anunciaría la puesta a punto de un sistema de vídeo de 1.125 líneas (*HDVS: High Definition Video System*) que suponía un salto cualitativo que permitía acercar la calidad del vídeo a la de las imágenes fotoquímicas del cine (Gubern, 2014). En 1986 se empezaría a comercializar las cámaras de televisión CCD (*Charge Coupled Device*) de estado sólido, sin mantenimiento y más duración de vida, que sustituyen – en la importación de imágenes- al convencional sistema de tubos por los circuitos integrados. El primer acercamiento del cine a la electrónica se produce en 1987 con la película *Julia y Julia* de Peter del Monte, filmada directamente con cámara de video analógico profesional Sony HDVS, con tecnología de alta definición. Aunque hay un precedente anterior, de Antonioni en 1980, quien grabó en video para la RAI *El misterio de Oberwald*. Ya en la década de los 90', los japoneses comercializarían la primera televisión

de alta definición (HDTV), con 1125 líneas y pantalla de formato panorámico (16:9). En este año, el número de televisores ascendía ya a más de ochocientos millones. Con la llegada de *Parque Jurásico* (Spielberg) en 1993 confluían numerosos avances en el campo informático, digital, 3D... Además, estos avances tecnológicos vienen determinados por investigaciones llevadas a cabo por multinacionales del sector. De esta manera, la compañía Eastman Kodak desarrollaría el sistema "Cinéon" que era un sistema de alta resolución de cine digital que permitía, según el prestigioso director de fotografía español Tomás Pladevall: "transferir imágenes de cine a un soporte magnético-digital, manipularlas en una mesa de efectos de vídeo digital y devolverlas al soporte cinematográfico sin ninguna pérdida de calidad" (García y Sánchez, 2002: 465). En 1994 se filmaría la película *Alas de coraje* dirigida por Jean-Jacques Annaud. Esta película, de unos cuarenta minutos de duración, fue la primera en ser filmada con una cámara 3D de IMAX System. La llegada del DVD permite, además de una imagen CinemaScope o panorámica en el televisor, una resolución el doble que la del video convencional (VHS) y más de ochenta líneas por pulgada en el caso del disco compacto (CD). Por lo tanto, la hegemonía del VHS fue total desde su creación en 1976, desbancando al 2000 y al Beta en el mercado doméstico, hasta 2005, cuando dejó de fabricarse tras llegar a coexistir con el DVD desde 2000 hasta 2004. En este contexto surgiría el concepto de "cinematografía digital", creado por la firma internacional Sony junto al formato HDCAM que sería presentado en 1997. En esta ocasión, Sony obtuvo un cierto éxito y logró dotar a las producciones digitales de una importante mejora orientada, en gran parte, a las producciones cinematográficas destinadas a proyecciones en salas. Este sistema de grabación HDCAM nacía como respuesta a la necesidad de buscar una versión de alta definición del Betacam Digital. La película *Buena Vista Social Club* dirigida por Wim Wenders en 1998 fue grabada íntegramente en formato Betacam Digital, que permitía un ahorro significativo tanto a nivel de producción como a nivel humano sin perder un ápice de calidad en la proyección. En 1999 se estrenaría en la gran pantalla la película *Matrix* de Lana y Andy Wachowski, convirtiéndose en un hito en cuanto a tecnología digital. Esta película combinaba fotografía de alta velocidad con imágenes ralentizadas y movimientos de cámara que lograban un impacto de enorme sorpresa y fascinación en el espectador, gracias a la ayuda de todos los efectos visuales que ofrecía la tecnología de última generación. Ya en este año, se asentaría en la feria Showest celebrada en Las Vegas la idea que el futuro de los sistemas de proyección y transmisión (distribución) de las películas pasará por la tecnología digital, lo que suponía una profunda reestructuración de las salas de cine para adaptarse a los nuevos soportes. En este sentido, la película *The Last Broadcast* de Stefan Avalos y Lance Weiler grabada en video digital fue distribuida a distintas salas de proyección por vía satélite en 1998. A principios de milenio, la película de la 20th Century Fox *Titan A. E.* de

Don Bluth y Gary Goldman fue el primer largometraje transmitido por Internet mediante fibra óptica hasta una sala de proyección. Ya en este momento, Internet comenzará a albergar películas y cortometrajes, lo que terminará significando un cambio en los circuitos de distribución. El DVD, comenzará a desbancar al CD, y sobre todo, al VHS en cuanto a formato generalizado de comercialización de películas y otros productos audiovisuales.

Sería sobre todo a partir de 2001 cuando se instauraría un primer paso hacia la filmación de las películas con cámaras digitales que ofrecían una reducción del presupuesto, de todas las fases de creación cinematográfica (preproducción, rodaje y postproducción) además de ofrecer una mayor manejabilidad a los operarios. Llegados a este punto, comenzaría a hablarse de una nueva etapa de "cinematografía digital". Tal y como apunta Andrew Darley (2002), el nacimiento de este concepto apunta a la inclusión de elementos digitales y/o digitalizados en el sector cinematográfico, como la introducción de efectos digitales en largometrajes o del D-Cinema, que era una sistema de proyección digital. Esta etapa es considerada el último estadio de la imagen videográfica, y surge de la posibilidad de alterar y manipular las características de la imagen grabada combinada con la habilidad de digitalizar la imagen. En este sentido se puede distinguir entre dos momentos importantes: la película *Tron*, estrenada en 1982 y dirigida por Steven Lisberger, fue un hito en su tiempo debido a que incorporaba imágenes electrónicas, generadas exclusivamente por ordenador, a una filmación realizada sobre formato fotoquímico; la película *Star wars: Episodio II - El ataque de los clones* dirigida por George Lucas y estrenada en 2002, es considerada la primera película que se rodó por completo con cámara digital de alta definición a 24 fotogramas por segundo. El soporte digital permitiría también abrir las puertas del cine a un mayor número de creadores potenciales, en definitiva, democratizar la generación de contenidos fílmicos. En España, Rafael R. Tranche grabaría *Te llamaré a las cinco*, cortometraje que sería considerado como el primero en Alta Definición Digital con el formato CineAlta HDCAM 24p de Sony, que adelantaba también en territorio español, un cambio en los formatos de producción. En este momento el ordenador personal comenzará a competir directamente con la televisión como herramienta donde se consumen más horas de ocio digital en el ámbito doméstico.

En la figura 8 se puede apreciar una ilustración de los avances más significativos en materia de imagen videográfica.

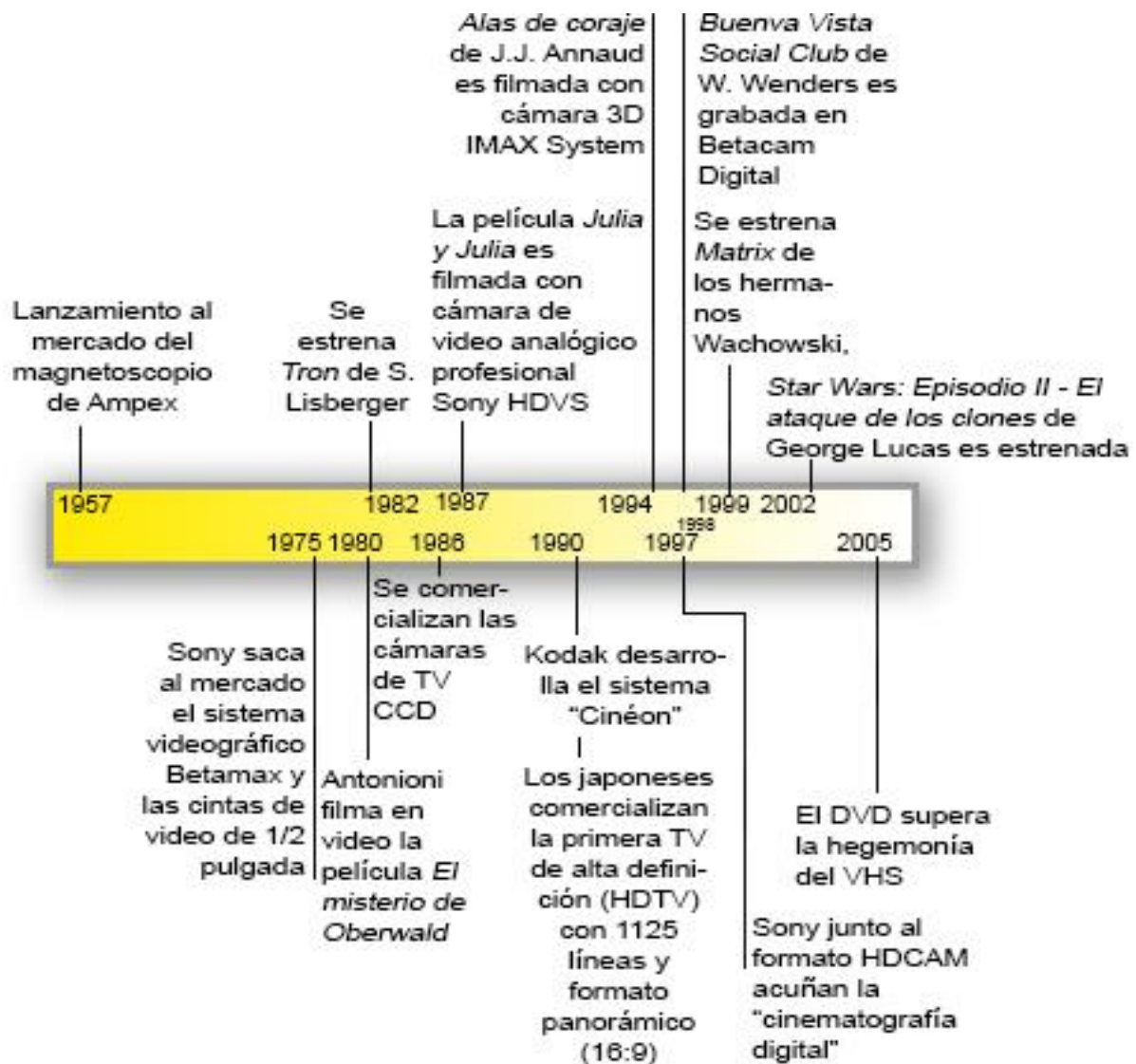


Figura 8. Eje cronológico de los avances en la imagen videográfica

3.2.2. TRANSMISIÓN DE IMAGEN Y SONIDO

Durante los primeros años del siglo XX también comenzaría a tener éxito las experimentaciones con las transmisiones de sonido, de la mano de Reginald Aubrey Fessenden, y las transmisiones de imagen de televisión eléctrica, gracias a Vladimir Kosma Zworykin que posteriormente tendrían un enorme calado en el sector audiovisual. En 1923 el mismo Vladimir K. Zworykin presentaría el *iconoscopio*, un tubo de televisión electrónico que sería considerado como el elemento principal de la televisión. Dos años más tarde, inventaría el primer tubo en color. En este sentido, Nipkow orientará sus investigaciones sobre la televisión por una vertiente mecánica cuyo resultado fue

presentado en 1926, en el *Royal Institute* de Londres, dónde se probaron las primeras imágenes de televisión mediante el sistema mecánico. Este hecho motivaría que al otro lado del océano atlántico, en los Estados Unidos, se comenzara con las primeras emisiones experimentales⁴. En este contexto de nacimiento de un nuevo medio nacerían la BBC (1936) en Gran Bretaña y la NBC en Estados Unidos (1939). En el año 1935 ya se podía emitir regularmente en Gran Bretaña y Alemania, y de hecho, en 1936 las Olimpiadas de Berlín se convertirían en el primer acontecimiento emitido por televisión. En Estados Unidos, sin embargo, las emisiones regulares de televisión no se produjeron hasta 1939, y tan sólo una década después, se calculaba que cerca de un millón de ciudadanos ya eran potenciales espectadores del nuevo medio. Esto comenzaba a significar un riesgo para el mundo del cine, que veía como el público de las salas comenzaba a preferir la televisión. En 1950, comenzarían a desarrollarse mejoras en los tubos de televisión. En Europa, en 1952 se instauraría el sistema PAL (*Phase Alternation Line*) de televisión (625 líneas) con el fin de unificar criterios en cuanto a emisión de señal de video, y en esta misma dirección, se establecería, un año más tarde en EEUU, el sistema de televisión en color, el NTSC. La empresa americana Ampex comercializaría en 1956 el video. Se trataba de un sistema que permitía la grabación magnética de la señal de televisión en una cinta. Suponía la culminación de un proceso que se había iniciado en 1951. Además, tan solo un año después, en 1957, se produciría un hito en el mundo de las tecnologías audiovisuales. Por primera vez, el científico computacional, Russel A. Kirsch, lograría digitalizar una imagen, concretamente, la fotografía de su hija, mediante un escáner. En 1958 nacería el sistema francés de televisión en color conocido como SECAM, de 819 líneas con bastantes diferencias respecto a los sistemas americano y europeo. En 1962 daría lugar la primera transmisión por satélite de imágenes de televisión gracias al satélite de comunicaciones "Telstar", y en 1965 se produciría la puesta en órbita por parte de los EEUU del "Early Bird", considerado el primer satélite comercial de telecomunicaciones. En 1963 se presentaría en Alemania el sistema de televisión en color PAL, inventado por Walter Bruch, que mejoraba las carencias del sistema NTSC Americano, aunque no sería comercializado hasta 1967. Además, en esta misma fecha Paul Gregg perfeccionaría el video-disco, un sistema de grabación láser que dejaba entrever un inminente paso de la tecnología analógica a la tecnología digital. Ya en la década de los 70', las empresas alemanas AEG-Telefunken y la inglesa Decca comercializarían el primer sistema de disco óptico, en blanco y negro. En 1988, sería tal el desarrollo de la tecnología de los satélites geoestacionarios que se lanzaría "Astra", el primer satélite que permitía la emisión de señal

⁴ <http://recursos.cnice.mec.es/media/television/bloque1/pag2.html> [Consultado 05/07/15]

de televisión en directo y cuya recepción estaba condicionada a la tenencia de antenas parabólicas. Sería en 1994 cuando, ante la imposibilidad de lanzar al mercado los televisores de alta definición, se optaría por fabricar aparatos con pantalla 16:9, más similar al formato cinematográfico, y, tan sólo un año después, se pondría en el mercado el primer televisor plano, eso sí, con un precio restrictivo (más de un millón de pesetas) por parte de Matsushita Electric Industrial. A partir de esta iniciativa, el resto de gigantes del sector como Sony, Toshiba o Fujitsu, entre otras, se lanzaron a desarrollar este producto ofreciendo una alternativa más económica para ofertar en el mercado.

En la figura 9 se muestran gráficamente los avances más importantes en cuanto a la transmisión de imágenes y sonido.

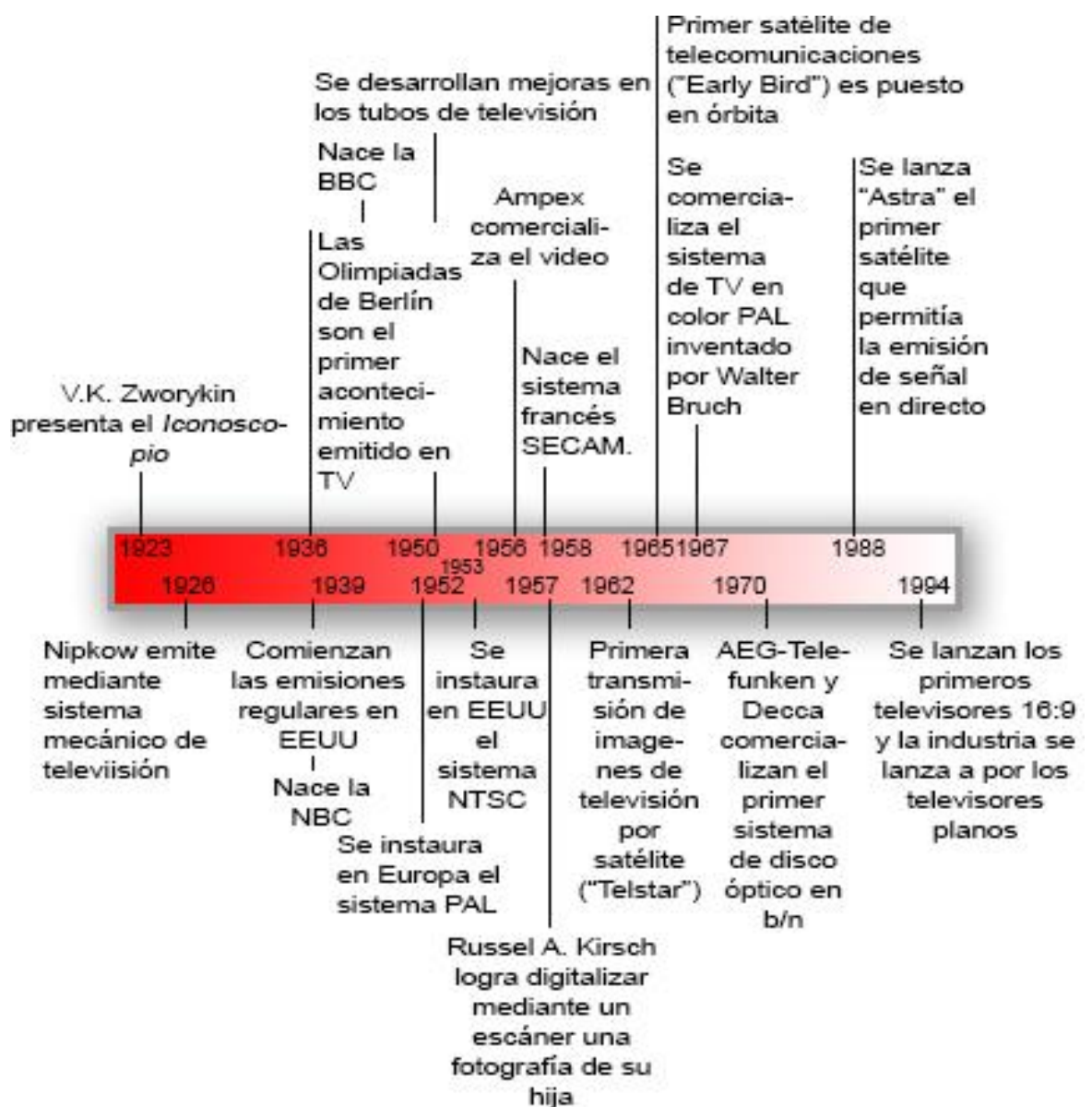


Figura 9. Eje cronológico de los avances en transmisión de imagen y sonido.

3.2.3. NACIMIENTO Y EVOLUCIÓN DE LA INFORMÁTICA

También se fueron dando avances para el nacimiento y desarrollo del mundo informático que, aunque en primera instancia no estuvo relacionada con el cine, con el paso de los años acabaría imbricándose en ciertas fases de la creación cinematográfica y televisiva. Así, J.W. Mauchly y P. Ecker inventarían en 1946 el ENIAC, aparato que podría ser considerado como el primer ordenador de la historia. Sus dimensiones eran de veinticuatro metros de largo y pesaba alrededor de treinta toneladas. No sería hasta 1953 cuando gracias a la empresa IBM, se desarrollaría un ordenador de menor tamaño y coste que el ENIAC. Además, en esta fecha también se lanzaría al mercado un terminal gráfico para el ordenador llamado *Whirlwind* y desarrollado por el Instituto de Tecnología de Massachusetts (MIT). Desde entonces, la evolución de los ordenadores comenzó un camino desenfadado que perdura aún a día de hoy. En 1957, John Backus se encargaría de hacer más sencillo y comprensible el complicado lenguaje de los ordenadores. Tan solo un año después, el mundo de la informática sufriría una revolución gracias al descubrimiento del rayo láser por parte de los norteamericanos Ch. Towns y A. Schadlow. Otro avance informático que se produjo este mismo año fue la conexión de dos ordenadores a través de una línea telefónica mediante el uso de un *modem* que desarrollaría la compañía Bell. Ya en la década de los 60', Ken Olsen inventaría el primer miniordenador. John Whitney fundó la Motion Graphics Inc., una empresa basada en sistemas analógicos pero que se erigiría como pionera en el ámbito de la imagen sintética artística e industrial. De esta manera, en 1961 se llevaría a cabo la primera animación creada estrictamente mediante grafismo informático. Su nombre era *Two-gyro gravity-gradient altitude control system*, inventada por E.E. Zajec mediante un IBM 7094 y un grabador Stromberg-Carlson 4020. En esta línea, gracias a la tesis de Ivan Sutherland, doctorando del MIT, sobre el Sketchpad, un lápiz óptico que podía manipular todo tipo de líneas, se impulsaría a las empresas del sector informático a lanzarse a desarrollar las primeras consolas de diseño gráfico. Otro auténtico hito en la informática se produjo en 1970 gracias a la empresa norteamericana Intel, que crearía el *microchip* y que supondría una revolución en los sistemas de almacenamiento de información. En 1972, Xerox inventaría el ratón y diseñaría un sistema de ventanas e iconos que permitirían interactuar con el ordenador. Este sistema de ventanas sería explotado comercialmente una década después por la empresa Apple. También se desarrollaría por estas fechas el disco flexible o disquete, un dispositivo magnético que permitía transportar información personalmente. En 1975, Bill Gates y Paul Allen crearían el programa 'Basic', y tras ello, se lanzarían a crear la empresa de software *Microsoft*. En el 77', Apple Computers lanzaría un

miniordenador que tuvo un gran éxito en el mercado. Fue en la década de los 80' cuando los ordenadores personales tuvieron un auge importante y comenzaron a establecerse como herramientas de trabajo. Además, en esta fecha se establecería el MS-DOS, de Microsoft, como principal sistema operativo para los ordenadores personales (PC) de IBM. Sin embargo, no sería hasta 1985 cuando Bill Gates comercializaría "Windows", un sistema operativo que le otorgó un estatus de supremacía en el mundo de la informática. En este mismo año, el teléfono era utilizado ya por cerca de cuatrocientos millones de personas, tanto en el ámbito profesional como en el personal. La red de ordenadores en los 90' asciende ya a doscientos millones en todo el mundo. Sería a partir del año 92' cuando los ordenadores personales comenzarían a incluir unidades lectoras de CD-ROM, facilitando así su expansión y estableciendo la dirección definitiva hacia los equipos multimedia. Hasta entonces, se había producido una búsqueda de estándares entre fabricantes para poder explotar al máximo las capacidades del CD-ROM. A partir del año 1995, cien años después de la invención del cine, se presentaría en el mercado la tarjeta para ordenadores "Video Blaster MP400" que permitía el visionado de videos o películas en un ordenador, lo que, unido a un sistema de sonido de alta fidelidad permitía al usuario disfrutar de una película casi como si estuviera en el cine. Se estaría generando así, una nueva forma de ver cine, en este caso, mediante el uso de los ordenadores. Además, este año se lanzaría también el "Windows 95", un sistema operativo que, aun no siendo excesivamente funcional, si logró la aceptación de los grandes sistemas de fabricación de equipos (*hardware*). Como explican García y Sánchez (2002): "la sociedad está asistiendo al desarrollo de nuevas tecnologías que permiten la utilización de canales de comunicación con base informática, a los que todo el mundo que lo desee puede acceder" (2002: 479). La red de interconexión de sistemas informáticos Internet también se había convertido en una realidad en este momento. En 1996 se acordaría, en el sector multimedia, un modelo estándar de videodisco digital firmado por grandes multinacionales del cine, la música y la electrónica. Se trató del DVD (*Digital Video Disc*) cuyas mejoras respecto a su predecesor son: mayor capacidad (4,7 *gigabytes* de memoria por cada cara), posibilidad de cinco pistas de sonido independientes, 30 bandas diferentes de subtítulos y en una dimensiones de 12 centímetros de diámetro.

En la figura 10 se muestra una ilustración con los hitos más importantes en el sector de la informática.

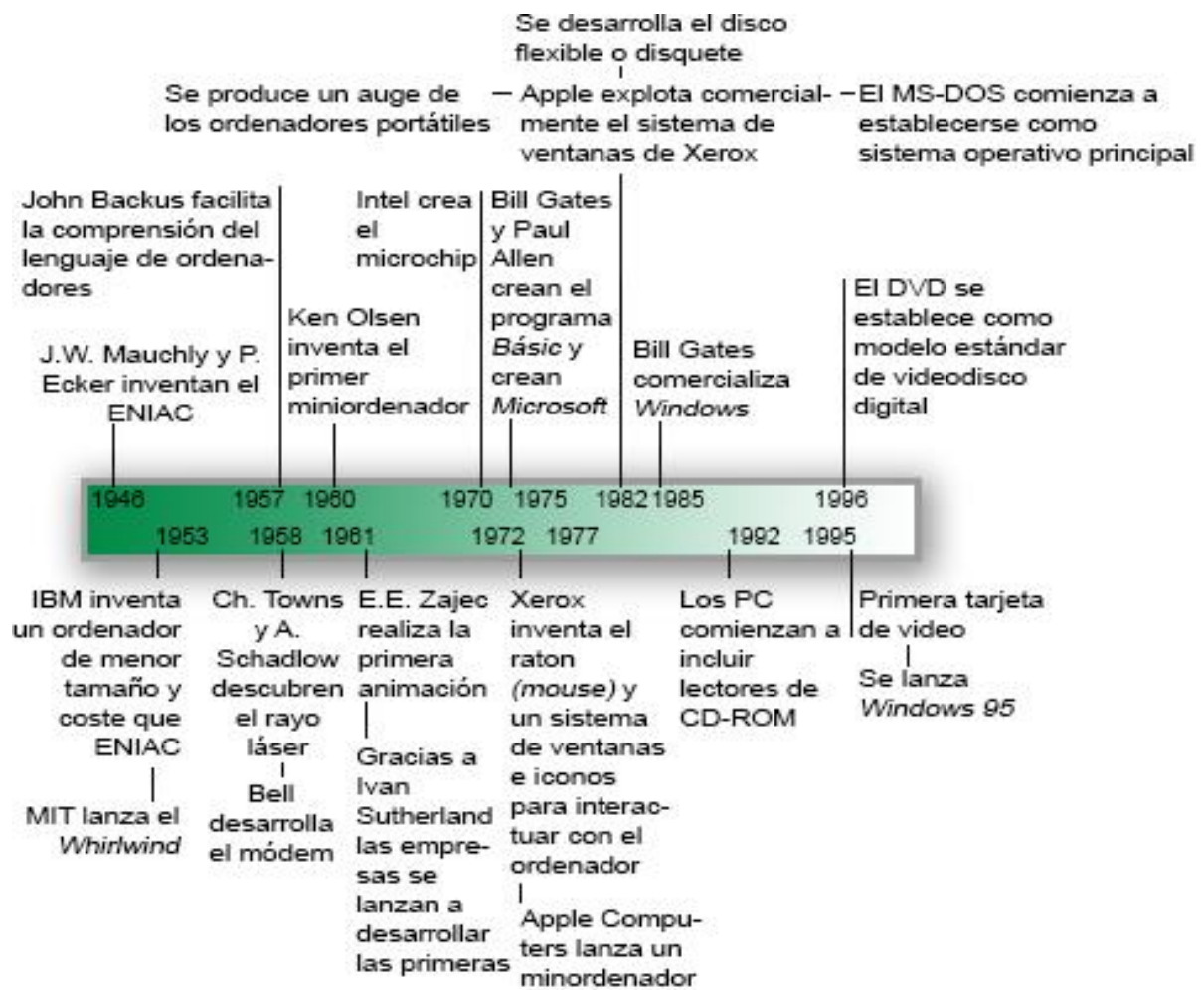


Figura 10. Eje cronológico de los avances en el sector informático

IV. INSTAURACIÓN DE LA TECNOLOGÍA DIGITAL

A partir sobre todo de la década de los 90' comenzaría a extenderse la idea del uso de la tecnología digital como futuro de la tecnología audiovisual. Según explica Gubern (2014) el proceso de digitalización de la imagen sigue un procedimiento concreto. La imagen:

[...] es descompuesta y cifrada como un cuadro de números sobre los que se puede operar sin degradarlos (cosa que no ocurre con las técnicas analógicas de producción icónica) y conservada como información binaria. A partir de esta matriz numérica la imagen se construye por síntesis con un mosaico de *pixels* (acrónimo de *picture elements*), definidos cada uno de ellos por valores numéricos que indican su posición en el espacio de unas coordenadas, su color y su brillo (2014: 137).

Pero según explica Swartz (2005: 4-5), la digitalización tiene como contrapunto cuatro factores principales en cuanto al sector del cine digital: En primer lugar, los constantes cambios y adelantos tecnológicos pueden implicar la obsolescencia de otros productos y procesos. Por otro lado, la renovación constante del *hardware* para estar a la vanguardia de la tecnología, supone un alto coste. En tercer lugar, la propia complejidad de la imagen digital que no permite errores, frente a la imagen analógica. Y por último, la enorme diversidad de formatos de grabación de imagen digital acarrea un problema en sí mismo.

4.1. CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS

Como hemos explicado, el procesamiento de la imagen mediante un formato digital es radicalmente diferente al procesamiento de la imagen analógico. Por ello, es conveniente explicar, aunque sin profundizar al máximo en el contenido, aquellos elementos que conforman la imagen digital.

4.1.1. PÍXEL

La palabra píxel es, según Carrasco (2010), un acrónimo compuesto por los conceptos *picture* (imagen) y *element* (elemento, parte) y constituye la unidad más ínfima y

pequeña de la imagen digital. Los sensores están compuestos por un retículo de píxeles, que serán los elementos que recibirán la información para posteriormente convertirla en señal electrónica. El número de píxeles determinará la resolución de la imagen y la calidad del propio sensor.

4.1.2. RESOLUCIÓN

La resolución de un sistema de grabación hace referencia a la cantidad de información que una cámara y un formato de grabación sean capaces de registrar. Se tratará de un valor directamente relacionado con el número de píxeles que se encuentren en el sensor en la suma de sus líneas horizontales y verticales. Por ejemplo, una resolución HD (*High Definition*) será considerada aquella que suma, como mínimo, 777.600 píxeles (1080 horizontales por 720 verticales), mientras que una resolución SD (*Standard Definition*) será aquella que ofrezca a partir de 414.720 píxeles (720 horizontales por 576 verticales). No obstante, las cámaras ofrecen diferentes regímenes de resolución como 1080/HD, 720/SD etc. En la actualidad, se barajan en el mercado profesional resoluciones de 4K (3840 x 2160) y hasta 8k (7680 x 4320) que se conocen como imágenes de ultra alta definición (*UHD*) (Suarez, 2011). Se trata de formatos empleados fundamentalmente en filmación cinematográfica, aunque posteriormente se reescala su resolución para que la película sea distribuida con menor peso y mayor usabilidad. No obstante, hay salas de cine que ofrecen ya proyecciones digitales en 4K e incluso, recientemente se ha comenzado a emitir por una cadena de televisión privada japonesa (Fuji TV) en 4K⁵. Es comprensible, por tanto, que cuanto más píxeles tenga una imagen, la representación de la realidad será más exacta y por tanto, tendrá una mayor calidad (Carrasco, 2010). En la figura 11 se puede apreciar las distintas resoluciones sobrepuestas desde el SD hasta el 4K:

⁵ <http://www.elperiodico.com/es/noticias/sociedad/japon-tiene-primera-emisora-tele-alta-definicion-4332036> [Consultado 06/07/15]

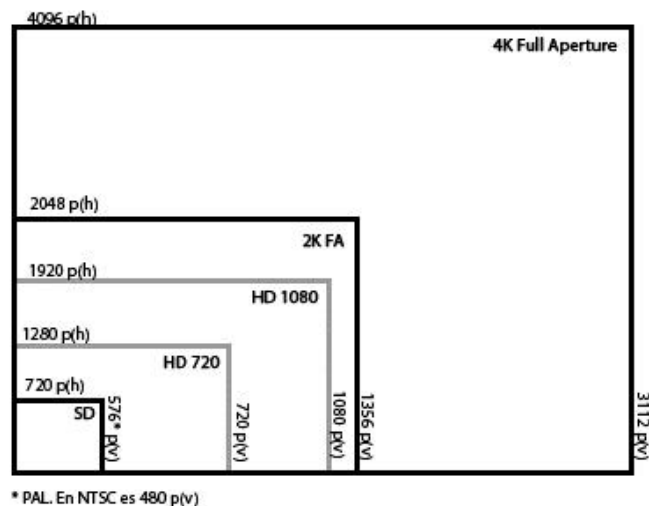


Figura 11. Resoluciones (Carrasco, 2010: 67)

4.1.3. SENSORES

Los sensores son sistemas de captación diseñados para almacenar y transformar en una transferencia de datos la información obtenida en forma de carga electrónica, según explica Probst (2011). El tipo de sensor empleado dependerá de la cámara y del formato de grabación. Principalmente existen dos tipos de sensores en las cámaras de cinematografía y video digital: CCD y CMOS.

- El sensor CCD (*Charge-Coupled Device*) fue inventado por George Smith y Willard Boyle en 1969. Siguiendo la explicación de Constantino Martínez (2004), el sensor CCD es un chip compuesto por partículas fotosensibles que reaccionaban a la exposición de la luz en función de la intensidad para convertirla en impulsos eléctricos. El sensor CCD basa su funcionamiento en (Wheeler, 2007: 70):

los electrones acumulados en cada píxel durante una exposición que serán posteriormente transportados a través del chip hasta una esquina en la que las cargas individuales se pueden leer secuencialmente. Un conversor analógico digital (el A D) transforma entonces cada carga eléctrica de cada píxel en un valor expresado en un código binario.

En su nacimiento, el CCD fue aplicado principalmente en cámaras de video profesionales y posteriormente se emplearía en otros campos incluso fuera del sector audiovisual, como la medicina o la ofimática. A partir de 1975 la calidad de los CCD ya era suficiente como para implantarse en televisión. El CCD terminaría imponiéndose a los tubos de cámara tradicionales, ya que ofrecía una mayor versatilidad y resistencia. Dentro de los CCD, existen diferencias, no sólo en cuanto a resolución, sino también en cuanto al modo de transferencia. Puede ser CCD de transferencia de cuadro, CCD de transferencia interlínea y/o CCD de transferencia cuadro/interlínea, estos últimos son los más utilizados en la actualidad. Este último tipo de CCD supera el efecto *Smear* que producía una estela de luz cuando se grababa directamente una superficie luminosa a causa de la sobrecarga de los sensores (Martínez, 2004). Por lo general, los CCD tienen unos costes de fabricación muy altos, pero a cambio se consigue un producto de alta calidad, muy sensibles y cuya imagen obtenida no suele contener exceso de ruido (Wheeler, 2007). El sensor CCD, por su naturaleza tiende a consumir bastante energía. Las cámaras profesionales pueden incorporar hasta tres CCD, de manera que se difracta el rayo de luz entrante y es dirigido a tres CCD distintos que recogerán los colores rojo, verde y azul respectivamente.

- El sensor CMOS (*Complementary metal-oxide-semiconductor*) tiene como principal diferencia respecto al CCD que cada píxel es capaz de realizar el proceso de conversión a señal electrónica sin necesidad de transferir a otro elemento toda la carga para procesarse (Martínez, 2004). Para ello, cada píxel debe tener su propio y minúsculo amplificador para potenciar la señal de cada uno de ellos, y esta es precisamente su mayor desventaja. En los sensores CMOS, sobre todo los primeros amplificadores, ocupaban un espacio considerable en la superficie del chip, lo que suponía una reducción del área ocupada por cada píxel destinada a recibir luz que significaba, finalmente, una reducción de su potencial de salida debido al tamaño del dispositivo (Wheeler, 2007). Además, los amplificadores de cada píxel, por lo general, tienden a provocar ruido, sobre todo en las partes donde la señal es más baja, es decir, en las sombras. Los sensores CMOS requieren poca cantidad de energía, pese a requerir amplificadores de señal.

- CCD y CMOS: ventajas y desventajas

- Los sensores CCD suelen tener mayor calidad de imagen y con menos ruido, mientras que los CMOS pueden sufrir más ruido en las zonas de sombra. En los últimos años se ha mejorado mucho en este aspecto de los sensores CMOS.
- Los sensores CMOS son un poco menos sensibles y tendrán, por lo tanto, una menor sensibilidad ISO (International Standard Organization), aspecto explicado en el apartado 3.1.6. relacionado con la exposición de la película o sensor.
- Los CCD pueden llegar a consumir hasta cien veces más de energía que los CMOS.
- Los sensores CMOS son más baratos de producir, ya que se pueden fabricar en una cadena normal de silicio usada para fabricar microprocesadores. Sin embargo, el CCD requiere una producción dedicada, lo que incrementa el coste final.
- Por lo general, la calidad de los CCD es mayor, debido a que llevan más tiempo en el mercado y se tiene mayor experiencia acerca de su fabricación, sin embargo, los CMOS están muy próximos a alcanzar la calidad de los CCD.

El tamaño del sensor también será determinante respecto a la profundidad de campo, ya que este concepto está estrechamente vinculado con la nitidez de la imagen y que dependerá también del objetivo que se va a utilizar.

4.1.3.1. MODELO DE FILTRADO BAYER

Este modelo de filtrado se desarrolló para corregir el *aliasing*. El efecto *aliasing* se produce por interferencias de frecuencia entre las texturas a rayas finas de la ropa y el número de píxeles del chip de la cámara (patrón de moaré). Esto se produce cuando en un plano de la imagen la frecuencia de las rayas de una prenda de ropa es similar o un múltiple de la frecuencia de los píxeles. Este problema no existía en las películas, debido a que los granos de plata se distribuyen arbitrariamente, de manera que no se pueden formar interferencias regulares de los patrones mostrados en la imagen. De este modo,

Kodak inventó un patrón de distribución de los filtros (rojo verde y azul) que cubren cada píxel de las cámaras de un solo chip (Carrasco, 2010). Este tipo de disposición de los filtros pretende que cada línea de filtros tenga sus colores en una distribución diferente de las líneas superiores e inferiores. Para ello, se emplea el doble de filtros verdes que azules y rojos, de manera que en cada línea sólo podrán aparecer dos colores, rojo y verde o azul y verde, de manera que en la línea contigua, ya sea superior o inferior, la combinación será precisamente la contraria. Este hecho puede producir una imagen de menor contraste y más verde de lo que se esperaría. Pero se puede corregir atenuando la salida de verde o amplificando las salidas roja y azul. Aunque estas correcciones han de ser muy precisas y sutiles ya que, un aumento de la señal roja y azul provocará un incremento en el contenido de la señal de ruido mientras que si se atenúa la señal de verde se perderá sensibilidad en la cámara. En la figura 12 se puede apreciar cómo funciona el modelo de filtración Bayer:

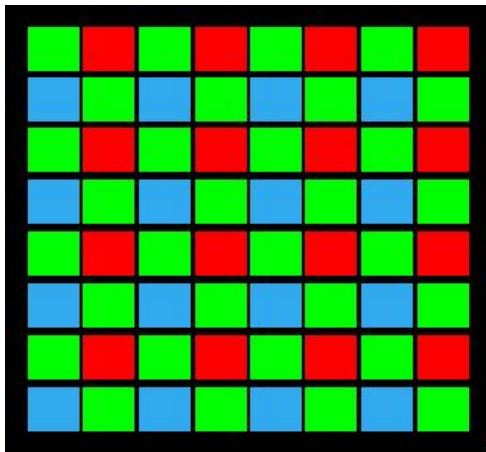


Figura 12. Modelo de filtrado Bayer (Wheeler, 2007: 72).

4.1.3.2. FILTRADO SECUENCIAL

Este tipo de filtrado era el que empleaban los chips simples que mostraba signos de *aliasing*. No obstante, “si un chip tiene suficientes píxeles como para que el muestreo sea lo suficiente alto, el problema de los patrones de frecuencia en las escenas desaparece” (Wheeler, 2007: 74). Hoy en día, los chips contienen un alto número de concentración de píxeles, hasta 20 millones de píxeles en el video o cine digital, cifra que es superada con facilidad en el caso de la imagen fija o fotografía. El filtrado secuencial logra que el nivel de

salida y el grado de resolución de la señal de rojo, verde y azul sean exactamente idénticos. En la figura 13 se puede apreciar el funcionamiento del filtrado secuencial:

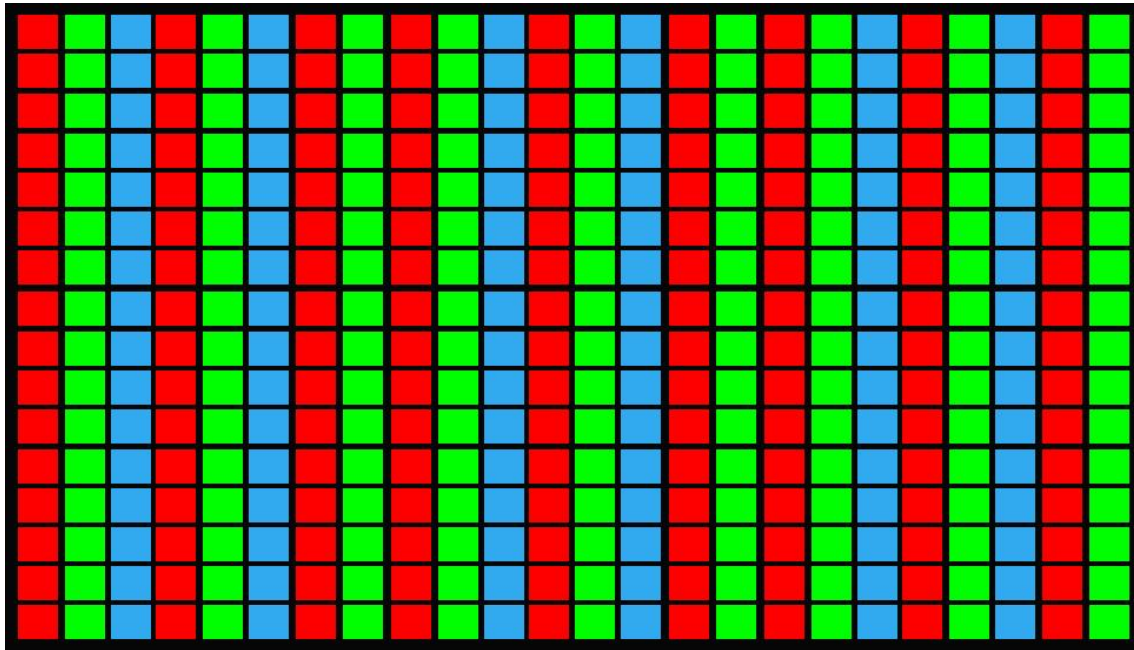


Figura 13. Modelo de filtrado secuencial (Wheeler, 2007: 74).

4.1.4. BITS

El bit, según explica Wheeler, será la “unidad fundamental de información que encapsula la certeza digital como verdadera o falsa, *on* u *off*, sí o no” (2007: 37). El bit es la unidad básica de información que compone la imagen digital, es el elemento que supone un 1 o un 0 en código binario. Será por tanto determinante en una cámara el procesador de ésta, ya que determinará la información en bits que es capaz de procesar (respecto al rango tonal de la escena, color y luminancia). Como explica el propio Kodak citado por Gubern: “la profundidad de bits determina cuanto rango dinámico se va a adquirir. Cuanto mayor sea la profundidad de bits, mayor será el rango de valores que se capturen y codifiquen en cada canal de color” (2014: 175).

4.1.5. RANGO DINÁMICO

En primer lugar es importante destacar que lo que es llamado rango dinámico tiene también otras nomenclaturas o terminologías como profundidad de color, gama o contraste. En el cine, por ejemplo se emplea el término latitud, entendido como el número de pasos o *stops* que permite capturar un negativo (Carrasco, 2010). Por otra parte, es importante comprender el papel de la profundidad de color en el proceso de convertir una señal analógica a digital. Básicamente, cuantos más valores numéricos aporte el chip, más diferencias o gradaciones tendrá la imagen. Así, si se aplican dos valores (negro absoluto y blanco absoluto) tendríamos una imagen sin matices, únicamente conformada por el contorno. Al ampliar la gama de tonos, se aumenta la definición. Este incremento se realiza mediante un sistema binario (2,4,8,16...) de hasta 256 niveles o tonos de gama. En el mundo de la HDTV se manejan 8 bits por canal, teniendo en cuenta que no son 8 bits sino que 8 es el exponente: $2^8 = 256$ niveles o tonos de gama. Siguiendo con este razonamiento, 8 bits por canal son tres canales (R, G y B), lo que arroja un número de combinaciones de $256 \times 256 \times 256 = 16.777.216$ diferentes tonos de colores representables. En la figura 14 se puede apreciar cómo se dividen los 256 niveles desde el negro puro (0) hasta el blanco puro (256).

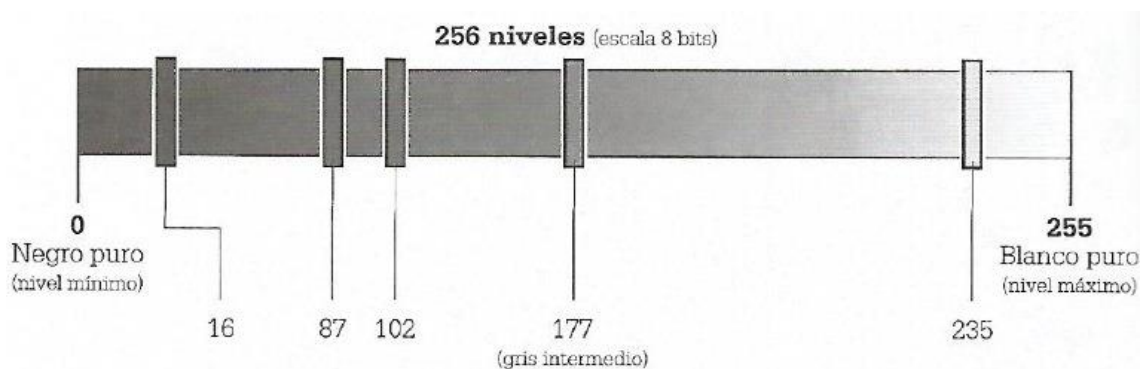


Figura 14. Niveles del estándar de 8 bits ($2^8=256$) (Carrasco, 2010: 84).

Como hemos expresado anteriormente, no existe una única terminología, por lo que el rango dinámico puede aparecer expresado como 1000:1, 2000:1, 4000:1 dónde se podría asociar 4096:1 a un rango dinámico de 12 bits y 1024:2 a uno de 8 bits, pero no es exacto. En el caso de las cámaras, la profundidad de color viene determinada por el rango dinámico que puede ofrecer el sensor. De este modo y debido a que los sensores son de tecnología analógica, el rango dinámico puede ser expresado en decibelios en las

especificaciones: 54dB, 66dB... La equivalencia podría estar en torno a $1 \text{ bit} \approx 6 \text{ dB}$. Más concretamente, los sensores profesionales reflejan la relación entre señal y ruido (*Signal Noise Ratio*, SNR, S/N). Por lo que el SNR será una cifra más precisa que el Rango dinámico, ya que hace referencia a aquellos valores con señal útil “limpia” es decir, aquel número de gradaciones entre el nivel máximo y mínimo ausente de ruido. El ruido suele aparecer en las zonas de sombras o negros (Carrasco, 2010). Por otro lado, el rango dinámico puede realizar dos tipos de muestreo de las tonalidades que configuraran dos modos (Kodak, 2010: 175):

- En el rango dinámico de muestreo lineal, las tonalidades que van desde el negro total al blanco saturado se dividen en partes iguales que serán posteriormente codificadas. Este tipo de rango dinámico es característico de la señal digital.
- En el rango dinámico de muestreo logarítmico, las tonalidades que van desde el negro total al blanco saturado se dividen en función de la necesidad de información de las diferentes tonalidades. Este tipo de rango dinámico es característico tanto del ojo humano como de los sistemas analógicos.

En definitiva, el número de bits de profundidad de color (o rango dinámico) será, junto a la resolución, uno de los parámetros determinantes en la calidad de un formato.

4.1.6. SENSIBILIDAD (ISO)

La sensibilidad es el índice de exposición relativo a la sensibilidad de la película fotoquímica o el sensor, en su defecto, que tiene que ver con la composición interna y la capacidad de exposición de dicho soporte (Suarez, 2011). En realidad, se trata de un concepto analógico cuyo equivalente se emplea en cinematografía digital. Las cámaras digitales ofrecen diferentes tipos de sensibilidad variando la ganancia (DB) en la imagen.

4.1.7. COMPRESIÓN

Según apuntan Rafael Suarez (2011) y Jorge Carrasco (2010), la compresión hace referencia al proceso de simplificación de la información manejable captada por una cámara digital para reducir el peso o tamaño digital de los archivos generados (tamaño en *Bytes* del fotograma) y el flujo de datos (cantidad de *bits* por segundo). Los formatos digitales están acompañados por códigos de compresión que facilitan el procesamiento de

la información de los datos almacenados. Estos códigos de compresión surgen debido a que el video digital en bruto, sin comprimir, ocupa demasiado espacio y, ni los soportes tenían tanta capacidad ni los aparatos eran capaces de procesar la información a la velocidad necesaria. Aunque en la actualidad existen los formatos RAW o *uncompressed* en los que los datos no son sometidos a ningún proceso de compresión ni en el almacenaje ni en la captación. Sin embargo, estos formatos requieren un procesamiento de las imágenes para poder ser observadas. De cualquier modo, existen diferentes códecs o algoritmos de compresión como Motion JPEG, DV, YULS, FFV1 o Digital-S (D9) que persiguen, como objetivo, reducir el peso y el flujo del material pero sin una pérdida “aparente” de la información que recibe el espectador.

4.1.8. MUESTREO Y SUBMUESTREO (*SAMPLING / SUBSAMPLING*)

El muestreo es un elemento intrínsecamente ligado a la televisión. En el cine digital se contempla exclusivamente el muestreo total o RGB, es decir, sin eliminar ninguna muestra de la información proveniente del sensor. Sin embargo, los sistemas de televisión estándar eliminan una parte de la información. Esto es conocido como “muestreo parcial” o submuestreo en el espacio YUV. Esta pérdida de calidad basa su explicación en la necesidad de hacer compatibles sistemas de televisión anteriores además de una mayor eficiencia en el uso del espacio radioeléctrico. De este modo, el paso de una señal RGB a YUV se realiza mediante dos procesos (Carrasco, 2010):

- Una reordenación o transformación de la señal para su compatibilidad con los monitores en blanco y negro.
- La eliminación de una parte de la información para reducir el flujo de datos o ancho de banda que ocupará en el espacio radioeléctrico.

Hasta 1950, la televisión funcionaba con un solo canal o escala de grises. Sin embargo, una señal en color requiere de un canal para cada color primario. El problema entonces era cómo compatibilizar la emisión en color sin perjudicar al gran número de espectadores que no disponían de una televisión capaz de reproducir en color. Para ello, y debido a que una mezcla ponderada al 33% de las tres señales no ofrecía una visualización correcta (debido a la sensibilidad al color verde por parte del ojo humano), se convino en la señal en blanco y negro más apropiada, la luminancia (Y) que era un balance estudiado de los tres canales en la proporción: $Y = 0,299R + 0,587G + 0,114B$. También se expresa redondeando la señal de luminancia a la suma de 30% del canal de rojo, 59% del canal de verde más el 11% del azul. El resto de señal se denomina crominancia (C),

formada por dos señales llamadas U y V: $U = Y - R$; $V = Y - B$; $C = U + V$. De este modo, los televisores que funcionaban en blanco y negro tomaban la señal desechando la señal de crominancia, mientras que los televisores en color, tomaban toda la señal YUV convirtiéndola posteriormente a RGB para mostrar los colores originales.

El submuestreo surge como una solución de ingeniería al problema de la limitación del espacio radioeléctrico. Los canales en color ocupaban hasta tres veces más que los canales en blanco y negro en el espacio radioeléctrico destinado a televisión o VHF (*Very High Frequency*). Así, donde antes podían emitirse hasta 12 canales en blanco y negro, solo podría haber espacio para 4 en color. Como respuesta a ello se buscó una solución para reducir el ancho de banda de la señal a algo más razonable. El submuestreo de color está directamente relacionado con la sensibilidad de las cámaras y del ojo humano respecto al espectro visible y la información que pueden almacenar de las señales de luminancia y crominancia. La luminancia o luma (Y) es equivalente a la escala de grises o señal en blanco y negro, mientras que la crominancia o croma (C) hace referencia, *grosso modo*, a la aproximación al color. El submuestreo de color se suele expresar con tres dígitos separados entre sí por dos puntos. De este modo, el primer dígito hace referencia a la luminancia, y los otros hacen referencia a la compresión o no compresión aplicada en el submuestreo de color. Por ejemplo, un formato con compresión puede presentar un submuestreo de color 4:2:2, 4:2:0, 4:1:1, 3:1:1 etc. Mientras que un formato sin compresión o RAW será representado como 4:4:4 (Suarez, 2011). Esta expresión 4:2:2 significa que cada 4 muestras de Y, sólo se obtendrán 2 de U y 2 de V, el resto de submuestreos (4:2:0, 4:1:1) se aplican para formatos de gama baja o de distribución, fuera del *broadcast* o del ámbito profesional. El hecho de comprimir únicamente la señal de crominancia se debe a que el ojo humano es mucho más sensible a los cambios de contraste lumínicos que a los cambios de tono y color, según se determinó tras una investigación en aquellos años. Así pues, el submuestreo (*subsampling*) o muestreo parcial está dentro de las recomendaciones ITU 609 (para SD) y 701 (para HD) siendo considerado un estándar internacional de la televisión, lo que implica que toda la señal YUV de televisión está submuestreada (Carrasco, 2010). Por último, cabe destacar que en el caso del cine la señal siempre se transfiere en RGB o 4:4:4, es decir, sin pérdida de información, así como ocurre también con los ficheros y formatos gráficos o relacionados con informática (tiff, bmp, png, etc.).

4.1.9. FRAMERATE

Tal y como afirma Rafael Suarez (2011), la cadencia o *framerate* que ofrece una cámara y su formato de grabación hace referencia, precisamente, a las diferentes posibilidades de rodar en distintas velocidades (23'98 , 24, 25, 29'97, 30, 60, 120 *frames por segundo*). Es decir, es la cadencia de imágenes que es capaz de captar una cámara en un segundo. Se trata de un parámetro indicativo de calidad, pues a mayor cantidad de imágenes por segundo mayor será la fidelización con la realidad. Según análisis técnicos, la cadencia ideal para una representación "real" sería de 72 *fps*, mientras que por debajo de los 15 *fps* se puede producir un "parpadeo" o *flickeo* que dará la sensación de que hay un desvanecimiento entre dos fotogramas (Carrasco, 2010). En el caso de las cámaras de cinematografía fílmica, se podía aumentar la velocidad del paso del negativo mientras que en la cinematografía digital la velocidad de obturación dependerá del *shutter* u obturador, que puede ser *rolling shutter* o *global shutter* (Probst, 2011). En cuanto a televisión, las diferentes cadencias que se establecieron en los sistemas de televisión responden a razones tecnológicas y no económicas. Es decir, el hecho de aumentar la cadencia supone aumentar la calidad y el coste de la imagen, pues se requiere mayor tamaño de los ficheros, lo que no supone un inconveniente en televisión y sí en cine (por los costes de la cinta/disco duro frente al negativo fotoquímico). De nuevo, el problema que atañe a la televisión era el ancho de banda, pues el doble de cadencia implicaba el doble de información. Así pues, se acordó que en los sistemas PAL y SECAM se optaría por los 25 fotogramas por segundo mientras que en el NTSC se optaría por los 29,97 *frames por segundo*. Esta diferencia radica en la divergencia de las frecuencias de la red eléctrica en Europa, que funciona a 50 Hz, mientras que en América funcionaba a 60 Hz.

4.1.10. ALMACENAMIENTO

En la actualidad existen diversos tipos de almacenamiento de la información digital. Actualmente suele destacar el uso de las tarjetas de memoria sólida de alta capacidad, aunque también los discos duros (HDD). Aunque también puede utilizarse cintas como en el caso de formatos como el HDCAM (Suarez, 2011). Para hablar de almacenamiento, es necesario hablar de peso y *bitrate* (Carrasco, 2010). El peso o tamaño hace referencia a la cantidad de información en *Bytes* (o *MegaBytes*) que ocupa un fotograma completo. El *bitrate* o flujo de datos es la cantidad de información por segundo que se maneja, es decir,

el peso multiplicado por el número de fotogramas por segundo y se suele dar en *bits* (no en *Bytes*, como el peso: 1 *Byte*= 8 *bits*).

4.2. FILMACIÓN DIGITAL

En este apartado se pretende profundizar en aquellos aspectos que conforman, *grosso modo*, el ámbito de la filmación digital. En primer lugar, se parte de una explicación de los formatos digitales más comunes en el ámbito de la filmación digital desde una perspectiva diacrónica hasta llegar a los formatos RAW que se emplean en la actualidad. En segundo lugar, se explican las características de los formatos de imagen *Standard Definition*, *High Definition* y *Ultra High Definition*. En tercer lugar, se incluye un apartado que explica las características de las cámaras de filmación digital más utilizadas y/o de mayores prestaciones del mercado de la cinematografía y el video digital. Por último, con el fin de no desmarcarse del objetivo principal de este trabajo, se incluye un apartado centrado en las cámaras fotográficas como elemento catalizador de la democratización y miniaturización de tecnología de la filmación digital.

4.2.1. FORMATOS

La grabación o filmación digital es aquel proceso de transmisión fotoelectrónica de datos en una señal digital, es decir, en un formato basado en un modelo matemático e informático que genera imágenes a partir de códigos o bits binarios (1 y 0). La señal digital descompone la información en una serie de valores, a diferencia de la grabación analógica, que se caracteriza por la descomposición de información continua. Como hemos podido observar, al comienzo del proceso de digitalización de los procesos de producción cinematográfica, la tecnología digital no ofrecía una respuesta de alta calidad frente al soporte analógico. Se pasó por formatos como el HDVS, HDD-1000 (1989), el Betacam Digital (1993), Betacam SX (1989)⁶, además de algunas filmaciones minoritarias realizadas con distintos formatos de DV (*Digital Video*). Pero, el primer formato de grabación digital que aportaría una calidad suficiente para lograr la aprobación del sector cinematográfico sería el HDCAM lanzado en 1997. Este tipo de formato fue considerado además, como el

⁶ <http://digitalfactbook.tv> [Consultado 10/06/2015]

primer formato de alta definición estandarizado para televisión (HDTV). Este formato sería precisamente el que marcaría el punto de inflexión para George Lucas, con el que filmaría *Star Wars: Episodio II – El ataque de los clones* en 2002 y con el que afirmarí­a que no volvería a grabar en formato analógico⁷. Tras este formato, aparecerían otros como HDCAM SR, el XDCAM, o el HDV presentados por Sony en el año 2003. Todos estos formatos incluían avances y mejoras respecto a su predecesor, el formato HDCAM; el DVC PRO HD y el formato P2 serían lanzados por Panasonic en el 2000 y 2004 respectivamente; además de otros muchos formatos con distintos nombres hasta llegar a los actuales “formatos sin compresión” o RAW.

DIGITAL CINEMA INITIATIVES (DCI)

Según explica en su página web⁸: “*Digital Cinema Initiatives*, LLC (DCI) se creó en marzo de 2002, y es una empresa conjunta de *Disney, Fox, Paramount, Sony Pictures Entertainment, Universal* y *Warner Bros. Studios*. El propósito principal del DCI es establecer y documentar especificaciones voluntarias para crear una arquitectura abierta para el cine digital que garantice un nivel alto y uniforme de prestaciones técnicas, fiabilidad y control de calidad”. Es decir, *Digital Cinema Initiative* es un acuerdo de concentración empresarial en el que las cinco grandes productoras y distribuidoras de Estados Unidos colaboran estrechamente para establecer cánones y estándares en cuanto a formatos digitales y demás especificaciones técnicas que requiere el sector cinematográfico. *DCI* fue creada por las más poderosas empresas de la industria del cine para “guiar” al sector en el incipiente mundo de la cinematografía digital y crear un criterio unificado y uniforme de formatos, procedimientos y técnicas en el ámbito de la filmación y postproducción cinematográfica digital. Es, en definitiva, la entidad que marca y ha marcado la evolución y el camino a seguir en el sector cinematográfico digital en el aspecto de las especificaciones técnicas desde la llegada del cine digital.

⁷ <http://www.theasc.com/magazine/sep02/exploring/> [Consultado 11/06/15]

⁸ <http://www.dcinovies.com/> [Consultado 06/07/15]

4.2.2. CARACTERÍSTICAS DE LOS FORMATOS “SD”, “HD” Y “UHD”

Desde la llegada de la tecnología digital al sector cinematográfico han sido muchos los formatos que se han utilizado, cuyas características analizaremos a continuación. En general, cabe distinguir entre tres tipos de imagen digital en cuanto a producción cinematográfica digital. Por una parte, aquellas imágenes con una imagen digital SD (*standard digital*) y, por otra parte, más actual y desarrollada, la imagen de alta definición o HD (*high definition*). En los últimos años, se está trabajando ya en un formato superior al que ofrecen las imágenes HD, se trata del UHD o *Ultra High Definition* y que comprende aquellas imágenes de resoluciones superiores a 1920x1080, es decir, el 4K (4096x3112) y el 8K (7680x4320) principalmente.

4.2.2.1. DV (DIGITAL VIDEO)

Como hemos explicado, el DV se puede considerar como la primera corriente de tecnología digital que llegó a participar de la producción de largometrajes cinematográficos. El DV presenta las siguientes características: El sensor de captación suele ser de 1/3 o 2/3 de pulgada, o lo que es lo mismo, tamaños reducidos para la captación de la imagen. Respecto al sistema de captación, podía estar compuesto por un único sensor o por tres sensores separados que captaban de manera independiente las señales de los tres colores primarios: rojo azul y verde (RGB). La información no supera los 8bits de profundidad de color y la resolución en señal de video NTSC es 720x480, mientras que en PAL es 720x576. En cuanto al rango dinámico, depende sobre todo de la cámara, pero por lo general, no suele superar los 6 stops de diferencia. La sensibilidad depende por completo de cada cámara. En formato DV toda la información está comprimida, existen diversos sistemas de compresión pero destaca el MPEG. El submuestreo de color puede alcanzar hasta un 4:2:2, peor por lo general, el DV ofrece compresiones de 4:1:1 o 4:2:0. Respecto a las velocidades, el formato DV no suele ofrecer la posibilidad de escoger diferentes velocidades, aunque depende de la cámara, y así, la Panasonic AGHVX200 es una de las excepciones. Por último, en cuanto a almacenamiento, el formato más característico del DV es la cinta, aunque dependiendo de la cámara, podía almacenarse el material en tarjetas de memoria o discos duros.

4.2.2.2. CINEMATOGRAFÍA DIGITAL EN ALTA (Y ULTRA ALTA) DEFINICIÓN

Como se ha explicado, el formato de alta definición es aquel que ofrece una resolución de 1920x1080 líneas, aunque en la actualidad, esta resolución ha sido superada con creces por otros formatos que presentaremos más adelante. Existen una serie de características que podríamos considerar generales para el ámbito de la cinematografía digital. Así, en cuanto a sensores, dependiendo de la cámara, se puede encontrar tanto el modelo de tres sensores (CCD o CMOS) de 1/3, 2/3 o 1/2 pulgada, como cámaras con un único sensor (CCD o CMOS) de distintos tamaños que pueden incluso ofrecer las medidas del negativo fotoquímico: son los sensores de las cámaras de 35mm digital, cuyo sensor alcanza el tamaño del Súper35. La profundidad de bits del formato HD varía entre los 8 y los 16 bits y la resolución, como se ha comentado anteriormente, es, como mínimo, 1920x1080, aunque hay formatos como el HDV que ofrece una resolución de 1440x1080 que no ofrece, por tanto, una alta definición “real”. Actualmente, existen sensores como los de la cámara Red One que ofrece hasta 4520x2540 superando incluso la resolución 4K (4096x2048). El rango dinámico, aunque depende de la cámara utilizada, suele ofrecer un mínimo de 8 stops de diferencia. La sensibilidad, al igual que ocurre en el DV, dependerá de la cámara. Respecto a la compresión, dependerá del formato de grabación escogido, aunque en cinematografía digital se suele optar por los formatos sin compresión o RAW. Aunque también existen formatos como el HDCAM SR que utiliza la compresión MPEG-4. El submuestreo de color, como se ha comentado en la compresión, se pretende el 4:4:4, es decir, sin compresión. Aunque existen formatos dónde sí existe compresión, como los casos del HDCAM (3:1:1), DVC PRO HD (4:2:2) o el XDCAM HD (4:2:2). Existen casos, como el de la ARRI ALEXA o el formato HDCAM SR que permite cambiar el tipo de submuestreo de color de 4:4:4 a 4:2:2 dependiendo del uso de la cámara y del lugar de almacenamiento de la información. La velocidad, dependerá de la cámara. Para el almacenamiento suele emplearse el uso de discos duros o tarjetas, ya que, las cintas suelen destinarse a grabaciones con mayor compresión y/o menor resolución (como el HDCAM, DVC PRO HD o XDCAM).

En la tabla 1 se puede apreciar los formatos comerciales más comunes existentes en el mercado:

Tabla 1. Formatos comerciales más extendidos (Carrasco, 2010: 128)

| Formato | Fabricante | Res. | Muestreo | P.bits | Raster | Compresión | Bitrate |
|--------------|-----------------|-------|----------|--------|--------|---------------|-------------|
| DV | Varios | SD | 4:2:0 | 8 | No | jpeg DCT 5:1 | 25 mbs |
| DVCAM | Sony | SD | 4:2:0 | 8 | No | jpeg DCT 5:1 | 25 mbs |
| DVCPRO 25 | Panasonic | SD | 4:2:0 | 8 | No | jpeg DCT 5:1 | 25 mbs |
| DVCPRO 50 | Panasonic | SD | 4:2:2 | 8 | No | DCT 3,5:1 | 50 mbs |
| HTC DIGITAL | Sony | SD | 4:2:2 | 10 | No | 2:1 | 90 mbs |
| HDV | Varios | HD | 4:2:0 | 8 | Sí | mpeg2 17:1(1) | 25 mbs |
| XDCAM-EX | Sony, JVC | HD | 4:2:0 | 8 | Sí/No | mpeg2 | 25/35 mbs |
| XDCAM HD | Sony | HD | 4:2:0/2 | 8 | Sí | mpeg2 | 25 a 50 mbs |
| AVC-HD | Varios | HD | 4:2:0/2 | 8 | Sí/No | mpeg4 | Variable |
| Infinity | Thomson | HD | 4:2:2 | 10 | ? | jpeg 200(2) | 50-100 mbs |
| DVCPRO-HD | Panasonic | HD | 4:2:2 | 8 | SÍ | 3,5:1/8:1 | 100 mbs |
| HDCAM | Sony | HD | 4:2:2 | 8 | Sí | 4:1 | 144 mbs |
| AVC-HD Intra | Panasonic | HD | 4:2:2 | 8/10 | Sí/No | mpeg4 | 50/100 mbs |
| D5(2) | Panasonic | HD | 4:2:2 | 8 | No | No | 320 mbs |
| HDCAM-SR (4) | Sony | 1080 | 4:4:4 | 10 | No | 2:1 | 800 mbs |
| D21 | Arri | 4K(5) | 4:4:4 | 12 | Sí | ArriRAW | Variable |
| Viper | Thomson | 1080 | 4:4:4 | 10 log | No | FilmStream | Variable |
| SI-2K | Silicon Imaging | 2K | 4:4:4 | 12 | No | RAW | Variable |
| Red One | Red | 4K(5) | 4:4:4 | 12 | Sí | Redcode RAW | 192/288 mbs |

4.2.3. CÁMARAS

Las cámaras cinematográficas también sufrieron una profunda relevación generacional con la llegada de la cinematografía digital. Una de las primeras cámaras dispuestas para el sector cinematográfico y que filmaba en digital era la HDW-F900 desarrollada por Sony y Panavision⁹, y que fue utilizada, por ejemplo, en *Star Wars*:

⁹ <http://www.imdb.com/title/tt0121765/technical> [Consultado 11/06/15]

Episodio II - El ataque de los clones. Así pues, este apartado, se centrará en extraer las características técnicas de los modelos de cámaras de cinematografía digital más extendidos en el sector profesional y semiprofesional: Arriflex Alexa, Genesis Panavision, Red One, Thompson Viper (Idk 7500), Silicon Imaging, Phantom, Dalsa Origin, Sony F65, Varicam (Panasonic) y Blackmagic.

4.2.3.1. ARRI ALEXA ¹⁰

Arri es una prestigiosa empresa alemana relacionada tradicionalmente con la cinematografía fotoquímica. Así pues, sus inicios en cuanto a cinematografía digital se remontan a 2005, cuando lanzaron al mercado la Arriflex D-20 (Wheeler, 2007). Más tarde estrenarían la D-21 y finalmente, la Alexa, que sería presentada en 2010. En cuanto a características: tiene un sensor CMOS de Súper35 (ALEV III CMOS) y una profundidad de color de 12 bits. Respecto a la resolución, ofrece diferentes alternativas aunque parte de un mínimo de 1920x1080. Sin embargo, para el formato sin compresión (ARRIRAW) ofrece una resolución de 2880x1620 píxeles, o lo que es lo mismo, un formato de grabación 2k. El rango dinámico de la ARRIFLEX ALEXA alcanza los 14 stops de diferencia y la sensibilidad es de 800. El submuestreo de color puede realizarse en 4:4:4 (sin compresión) o 4:2:2 dependiendo del tipo de almacenamiento. La velocidad oscila desde 0,75 hasta los 60 *fps* (fotogramas por segundo), aumentando hasta los 120 *fps* dependiendo del formato de grabación y del sistema de almacenamiento. Respecto al almacenamiento, permite emplear tanto discos duros como tarjetas de estado sólido. Como ejemplos de películas dónde se ha empleado esta cámara podemos encontrar “Guerra Mundial Z” (Forster, 2013), Gravity (Cuarón, 2013) o “La vida de Pi” (Lee, 2012)¹¹.

4.2.3.2. GENESIS PANAVISION ¹²

La primera generación de cámaras de Panavision modelo Genesis apareció en 2004. Se presentaron como “*A film camera that shoots digital*” (“Una cámara de cine que

¹⁰ http://www.arri.com/camera/alex/cameras/camera_details/alexasxt/subsection/sxt_features/ [Consultado 11/06/15]

¹¹ <http://www.definitionmagazine.com/journal/2011/7/25/arris-alexagoes-for-it-at-the-movies.html> [Consultado 11/06/15]

¹² <http://panavision.com/products/genesis%C2%AE> [Consultado 16/06/15]

filma en digital”). Respecto a sus características: presenta un Sensor CCD de tamaño Súper35mm, una profundidad de color de 10 bits y una resolución HD de 1920x1080. El rango dinámico es, igual que en la ARRI ALEXA, de 10 stops, mientras que la sensibilidad es de 400. El sistema sin compresión de Panavision se llama Panavision SSR que ofrecerá un submuestreo de color 4:4:4, mientras que en otros formatos con compresión puede ser de 4:2:2. Respecto a la velocidad, ofrece desde 1 *fps* hasta los 50. El almacenamiento del material se realiza en el grabador Sony SRW-1 de Sony o el grabador de estado sólido de Panavision SSR-1. Como ejemplos podemos encontrar, *Superman Returns* (Singer, 2006) es considerada la primera superproducción que empleó este tipo de cámara. Más recientemente encontramos casos como “El capitán américa: El primer vengador” (Johnston, 2011)¹³ o “Ted” (MacFarlane, 2012)¹⁴.

4.2.3.3. RED EPIC DRAGON ¹⁵

La Red One salió al mercado en 2007 con el objetivo de ser uno de las primeras cámaras en ofrecer grabación digital a resolución 4K. Actualmente, las Red One, gracias al sensor Red Dragon llega a ofrecer grabaciones hasta 6K. Se trata de un sensor de mayor tamaño que el Súper 35mm, con un espacio de 5120x2700 líneas. La profundidad de color es de entre 12 y 16 bits basados en la tecnología REDCODE. La resolución, como se ha apuntado, permite hasta 4,5K (formato 2,40:1), y se puede escoger entre 4K, 3K y 2K en 16:9, 2:1 anamórfico y 2:1. El rango dinámico es de 16,5+ stops de diferencia y la sensibilidad 320. Respecto a la compresión, ofrece formatos RAW o sin compresión para todas las resoluciones que ofrece. Igualmente, el submuestreo que ofrece es sin compresión y la velocidad, dependiendo de la resolución, puede oscilar desde 1 a 120 *fps*. El almacenamiento recomendado es el RedMag, un sistema de almacenamiento de estado sólido que alcanza los 512 GB de capacidad. Se trata de una de las cámaras con mayor reputación y prestigio entre las más exigentes compañías de Hollywood. De este modo películas como “Los Vengadores: La venganza de Ultron”(Whedon, 2015) o “Hobbit: La

¹³ http://www.imdb.com/title/tt0458339/technical?ref=tt_dt_spec [Consultado 16/06/15]

¹⁴ http://www.imdb.com/title/tt1637725/technical?ref=tt_dt_spec [Consultado 16/06/15]

¹⁵ <http://www.red.com/store/products/epic-m-red-dragon-pro-collection> [Consultado 16/06/15]

batalla de los cinco ejércitos” (Jackson, 2014) han sido filmadas con la cámara de cinematografía digital Red One¹⁶.

4.2.3.4. THOMSON VIPER (LDK 7500) ¹⁷

La Thomson Viper (ldk 7500) es una cámara de la compañía Grass Valley cuya principal característica es ser especialmente compacta respecto a sus competidores. Otro aspecto destacable es que, a diferencia de los casos anteriores, la Thomson Viper presenta tres sensores CCD en lugar de uno, cuya dimensión es de 2/3 de pulgada. La profundidad de color varía entre los 12 bits en lineal y 10 en logarítmico. El rango dinámico también es variable, entre 10 y 12 stops. En cuanto a la sensibilidad, no queda especificada y la compresión, en función del formato, existe o no. Igual sucede con el submuestreo de color, presenta el 4:4:4 sin compresión en función del formato de grabación. Respecto a las velocidades dispone de 23,98, 24, 25 y 29,97 *fps* para grabaciones en 1080p, 23,98, 24, 25, 29,97, 50 y 59,97 *fps* para 720p y 50 y 59,97 *fps* para el formato 1080i. El almacenamiento se puede realizar en un disco duro externo que ofrece la propia marca y cámara, en tarjeta de estado sólido o directamente a un soporte externo. Una de las películas que fue rodada con la Thomson Viper fue “El curioso caso de Benjamin Button” (Fincher,2008)¹⁸.

4.2.3.5. SILICON IMAGING (SI 2K) ¹⁹

A diferencia de la Thomson Viper que ofrece tres sensores de 2/3 de pulgada, la Silicon Imaging presenta un solo sensor CMOS de 2/3 de pulgada. Se trata de una cámara que destaca por su versatilidad y por la singularidad de esta estructura del sensor. Las características que presenta la cámara de cinematografía digital Silicon Imaging son: además del sensor previamente nombrado, una profundidad de bits de 12 y una resolución

¹⁶ <http://www.red.com/shot-on-red> [Consultado 16/06/15]

¹⁷ http://www.cinematography.net/Files/viper_brochure.pdf [Consultado 16/06/15]

¹⁸ http://www.imdb.com/title/tt0421715/technical?ref =tt_dt_spec [Consultado 16/06/15]

¹⁹ http://www.siliconimaging.com/DigitalCinema/SI_2K_key_features.html [Consultado 16/06/15]

de hasta 2k, aunque también ofrece opciones para HD (1920x1080) y HD Ready (1280x720). El rango dinámico que ofrece esta cámara es de 11 stops. La sensibilidad es 250. El formato sin compresión de la Silicon Imaging se llama CINEFORM RAW, y el submuestreo de color será sin compresión (4:4:4). Las velocidades que ofrece la Silicon Imaging dependen del formato de grabación: para 2K a 23,97, 24 y 25 *fps*; para 720p a 85 *fps*; ofrece una opción para rodar hasta a 150 *fps* pero la resolución descendiendo hasta 540p. El almacenamiento de la cámara es un disco duro de 160GB con capacidad para más de cuatro horas de grabación. Dos películas que hicieron uso de la Silicon Imaging 2K fueron 127 horas (Boyle, 2010) y Slumdog Millionaire (Boyle, 2008).

4.2.3.6. PHANTOM ²⁰

Las cámaras Phantom han conseguido un reconocimiento amplio en el sector cinematográfico especialmente en sistemas de grabación de alta velocidad. La Phantom Flex es el último modelo con mejores prestaciones de esta compañía. Presenta un sensor CMOS de 2560x1600 píxeles que trabaja a 12 bits de profundidad. Este último modelo ofrece una resolución de hasta 2,5K (2560x1600) y un rango dinámico de 16 stops. La sensibilidad, por su parte, depende del *framerate*. Respecto a la velocidad, a máxima resolución 2560x1600 ofrece hasta 1455 *fps* en el modo estándar y hasta 725 *fps* en el modo de alta calidad (*HQ Mode*). A resolución HD 1920x1080, la cámara Phantom Flex alcanza los 2570 *fps* en el modo estándar y hasta 1275 *fps* en el modo de alta calidad. El formato sin compresión de la cámara Phantom Flex es el Cine RAW, aunque ofrece distintos formatos de compresión (Cine, Cine Compressed, Cine RAW, AVI, h.264 mp4, Apple ProRes .mov, Multipage TIFF, MXF PAL, MXF NTSC, Uncompressed QuickTime, Windows BMP, OS/2 BMP, PCX, TGA, TIFF, LEAD, JPEG, JTIF, RAW, DNG, DPX). Respecto al submuestreo de color, ofrece tanto 4:4:4 como 4:2:2, aunque el formato sin compresión no está disponible para los formatos de video de 60*fps*. En cuanto a almacenamiento de información, esta cámara ofrece el servicio Phantom CineMag, que es básicamente un disco duro de hasta 512 GB diseñado para una alta velocidad de transmisión y lectura de datos. También dispone de un almacenamiento RAM interno de 16/32 GB. Cabe destacar que pese a que estas cámaras no suelen usarse para un largometraje entero, sí que se requiere de su uso en determinadas secuencias donde se

²⁰ <http://www.visionresearch.com/Products/High-Speed-Cameras/Phantom-Flex/>
[Consultado 16/06/15]

busca un efecto determinado, como por ejemplo, el *slow motion*, que consiste en ralentizar una imagen en movimiento sin perder definición.

4.2.3.7. DALSA ORIGIN

La cámara Dalsa Origin fue considerada la primera capaz de capturar en 4K. El primer modelo salió a la luz en 2003, no obstante, se trata de una cámara que dejó de fabricarse en 2008 debido al cierre del departamento por parte de la compañía Dalsa. Sin embargo, se trata de una cámara con reconocido prestigio dentro del sector de la cinematografía digital. De este modo, La Dalsa Origin cuenta con un sensor CCD de 4096x2048 píxeles con una salida de 16 bits por píxel. La resolución, como hemos comentado, es de hasta 4K. La sensibilidad, es de 320. Respecto al tipo de compresión, la Dalsa Origin ofrece una compresión RAW y un submuestreo de color 4:4:4. La velocidad de esta cámara comprende desde 1 a 36 *fps*. El almacenamiento del material filmado suele realizarse a un disco duro externo o dispositivos Flash RAM. Una de las películas en las que se ha rodado alguna escena con esta cámara es "Quantum Of Solace" (Forster, 2008) de la saga del agente secreto 007.

4.2.3.8. SONY F65²¹

Pese a que Sony es considerado como uno de los grandes productores de cámaras del mercado del video digital, también tiene un amplio grado de aceptación en sus productos destinados a los largometrajes en digital. Como se ha indicado, Sony cuenta y ha contado con varios modelos de cámaras (HDW F900, HDW F900R, HDW F750 P, HDW F730, F23, F35...) pero el modelo más reciente y extendido de la compañía japonesa es la Sony F65. De cualquier modo, las características de la F65 son: un sensor CMOS 8K de Súper 35 mm y hasta 16 bits de profundidad de color, con un rango dinámico de hasta 14 pasos o *stops*. Permite una resolución superior a 4K y ofrece hasta 120 *fps* a menor resolución. La Sony F65 permite submuestreo de color 4:4:4 y 4:4:2 y, por supuesto, la posibilidad de grabar en RAW. Respecto al almacenamiento, la Sony F65 cuenta con el sistema SR-R4 diseñado para 4K que funciona con tarjetas SRMEMORY de hasta 1TB de

²¹ <http://www.sony.es/pro/product/broadcast-products-camcorders-digital-motion-picture-camera/f65/overview/> y <http://www.sony.es/res/attachment/file/52/1237489201352.pdf> [Consultado 17/06/15]

capacidad y una velocidad de 5Gbps. La película “Lucy” (Besson, 2014) es una de las últimas películas filmadas con la Sony F65.

4.2.3.9. PANASONIC VARICAM 35²²

Bajo el nombre VariCam se ha hecho referencia a distintos tipos de cámara de alta definición de la marca Panasonic, como por ejemplo la AJ-HDC27H o la AJ-HPX3700. Sin embargo, el último modelo de esta marca es la VariCam 35 4K, primera de la compañía capaz de grabar a esta resolución. Esta cámara cuenta con un sensor MOS de tamaño Súper 35mm que ofrece una resolución desde HD (1920x1080) hasta 4K (4096x2160) y hasta 12 bits. Cuenta con un rango dinámico de hasta 14 stops y una sensibilidad de hasta 24dB. Existe compresión de video mediante el formato AVC Intra 4K444 y submuestreo de color 4:4:4 , aunque ofrece la posibilidad de grabar a 4K sin compresión mediante un sistema Codex V-RAW que permite almacenar 4K hasta 120 *fps*. La velocidad, por tanto, será de hasta 120 *fps*. El almacenamiento se realiza en las tarjetas expressP2 de hasta 256 GB, teniendo en cuenta que la cámara cuenta con cuatro slots para cuatro tarjetas. Esta cámara fue lanzada en 2014, por lo que a día de hoy, todavía no ha sido utilizada en ninguna película. Además, cabe mencionar que el mercado principal de Panasonic no es el cine digital, sino la televisión.

4.2.3.10. PANAVISION MILLENNIUM DXL²³

La Panavision Millennium DXL es una de las últimas cámaras de cine profesionales que ya han sido presentadas, aunque cuya disponibilidad para alquiler o venta tendrá que esperar a 2017, y cuya principal novedad es la capacidad de grabar a 8K (8192x4320). La DXL cuenta con un sensor RED de 41 x 26 mm que ofrece hasta 35.5 megapíxeles y una profundidad de color de hasta 16 bit además de un rango dinámico elevado, 15 *stops*. En cuanto a color, la cámara incorpora herramientas como el *Light Iron Color* que permite trabajar el color desde la propia cámara. Como se ha comentado anteriormente, la principal novedad de esta cámara es la capacidad de grabar resoluciones de hasta 8K con una tasa de hasta 60 *fps* en formato RAW mientras simultáneamente genera 4K proxy en otros formatos como Apple ProRes o Avid DNX, para ello cuenta con 6 salidas SDI. El almacenamiento requerido para esta Panavision DXL es una memoria SSD. Otra

²² <http://pro-av.panasonic.net/en/varicam/35/features/index.html> [Consultado 17/06/15]

²³ <http://dxl.panavision.com/> [Consultado 13/06/16]

particularidad de esta cámara profesional de cinematografía es la opción a trabajar en un modo anamórfico a 4K, esto es, una grabación mediante un objetivo que deforma la imagen achatándola y estirándola posteriormente para lograr ratios de 2,35:1 o 2,70:1²⁴.

4.2.3.11. BLACKMAGIC

La empresa Blackmagic ha sido una de las cuales ha revolucionado el mercado del video digital tanto en cuanto a democratización como a miniaturización del material audiovisual. Su director ejecutivo declara²⁵: “Blackmagic Design se ha comprometido a lograr que los procesos de trabajo con vídeos de gran resolución sean una realidad asequible para todos [...]”. De este modo, presentamos la cámara con mejores prestaciones y a la vanguardia de la tecnología, la Blackmagic URSA, y por otra parte, la cámara más pequeña y asequible que ofrece esta empresa, la Blackmagic Cinema Camera.

BLACKMAGIC URSA²⁶

Esta cámara pertenece al perfil de “cámaras profesionales” y cuenta, por lo tanto, con material que ofrece un alto rendimiento. La URSA cuenta con un sensor de Súper 35mm (25,34 mm x 14,25 mm) que ofrece resoluciones desde *HD* (1920x1080) hasta 4,6K (4608x2592). El *framerate* que ofrece esta cámara cuenta con las siguientes velocidades: 23'98, 24, 25, 29'97, 30, 50, 59'94 y 60 *fps*. El rango dinámico de la Blackmagic URSA alcanza hasta los 15 stops, una amplitud de las más altas entre sus competidores. La cámara ofrece tanto formatos con compresión sin pérdida (CinemaDNG RAW) como con pérdida (ProRes). Respecto a la profundidad de color, esta Blackmagic alcanza los 12 bits de profundidad. El almacenamiento se lleva a cabo mediante tarjetas CFast de la propia firma Blackmagic, que permite grabar a una velocidad de hasta 350 MB/s con capacidad de hasta 256 GB. Una de las características más destacables de esta cámara es la versatilidad que tiene para adaptarse tanto a lentes de cámaras DSLR como a ópticas

²⁴ <http://www.xatakafoto.com/accesorios/grabacion-anamorfica-que-es-y-como-conseguir-sus-resultados> [Consultado 13/06/2016]

²⁵ <https://www.blackmagicdesign.com/es/company/aboutus> [Consultado 07/07/15]

²⁶ <https://www.blackmagicdesign.com/es/products/blackmagicursa/techspecs/W-URSA-15> [Consultado 07/07/15]

cinematográficas. La película *Mad Max* (George Miller, 2015) hizo uso de cámaras Blackmagic para algunas de las secuencias²⁷.

BLACKMAGIC CINEMA CAMERA²⁸

Esta gama de cámaras de Blackmagic han sido aclamadas por el sector audiovisual debido a su alto rendimiento y bajas dimensiones. Se trata de una cámara, el caso de la Blackmagic Production Camera 4K EF, capaz de grabar a 4K (4000x2160) y cuyas dimensiones son: 166mm de largo, 113mm de ancho y 126mm de alto con un peso de 1,7 kg. Es decir, se trata de una cámara de escasas dimensiones capaz de ofrecer un producto de alta calidad. Respecto a su precio, dependiendo del modelo, oscila entre los 1.850€ y los 2.300€, muy inferior a los precios de otras cámaras profesionales. Las características que ofrece esta cámara son: un sensor Súper 35 capaz de grabar imágenes 4K (en los modelos de alta gama) con una profundidad de hasta 12 bits. La velocidad de fotogramas de esta Blackmagic alcanza hasta los 30 *fps* y el rango dinámico es de hasta 12 stops o pasos. Permite almacenamiento de archivos RAW o ProRes en unidades de estado sólido (*SSD*) que permite una gran velocidad de transferencia y una gran capacidad de almacenamiento.

BLACKMAGIC POCKET CINEMA CAMERA²⁹

Se trata del siguiente nivel de Blackmagic en cuanto a miniaturización y democratización del material de video digital. Esta cámara de apenas 355 gramos de peso y unas dimensiones excepcionales (128mm de largo, 38mm de ancho y 66mm de alto) ofrece una calidad altísima grabando imágenes *HD* (1920x1080) con un tamaño compacto gracias a un sensor Súper 16 (12,48 mm x 7,02 mm). Incluye tecnología aplicada en cámaras de cinematografía digital profesionales pero en un soporte mucho más pequeño y ligero. Ofrece un rango dinámico de 13 pasos, una profundidad de color de hasta 12 bits y

²⁷ http://www.imdb.com/title/tt1392190/technical?ref=tt_dt_spec [Consultado 07/07/15]

²⁸ <https://www.blackmagicdesign.com/es/products/cinemacameras/techspecs/W-CIN-05> [Consultado 07/07/15]

²⁹ <https://www.blackmagicdesign.com/es/products/blackmagicpocketcinemacamera> [Consultado 20/07/15]

una velocidad de fotogramas de hasta 30 *fps*. El almacenamiento se realiza mediante tarjetas *SD* tipo *SDXC* y *SDHC* extraíbles y ofrece formatos *RAW CinemaDNG* (compresión sin pérdida) y *ProRes* (compresión con pérdida) que facilitan y agilizan la tarea de la postproducción, ya que permite grabar hasta 50 minutos de grabación en una tarjeta *SD* de 64GB e introducirla posteriormente en cualquier ordenador con ranura de lector de tarjetas *SD* (muy convencional) y editar con cualquier *software* de edición no lineal.. Esta cámara compacta ofrece calidad suficiente como para filmar series de televisión, documentales o anuncios publicitarios. De hecho, se ha utilizado incluso para escenas de largometrajes de gran presupuesto como el de la película “Los vengadores: La era de Ultrón” (Joss Whedon, 2015)³⁰.

4.2.4. CÁMARAS *DSLR*: PRIMER PASO HACIA UNA DEMOCRATIZACIÓN Y MINIATURIZACIÓN DE LA FILMACIÓN DIGITAL

Las cámaras *DSLR* supusieron un enorme avance en el camino de la democratización y miniaturización del material de filmación digital. Se trata, en realidad, de cámaras de fotografía capaces de registrar vídeo de alta calidad y con unas posibilidades técnicas y narrativas diferentes a las cámaras de cinematografía digital, principalmente, por el uso de sus ópticas fotográficas que ofrecen alternativas al usuario en cuanto a desenfoces y movimientos de cámara. Aunque sin duda, el triunfo de las cámaras *DSLR* se debe a su relación calidad-precio, ya que, una cámara que te de altas prestaciones en video puede alcanzar un coste de alrededor de 2.500 €, con unas dimensiones y peso muy inferiores a las de una cámara de cinematografía digital -más manejable por lo tanto- además de requerir menos conocimientos técnicos para la filmación aunque por el contrario exige conocimiento básico de nociones fotográficas inexistentes en video como la sensibilidad ISO. Estas cámaras se han vuelto muy populares a la hora de rodar anuncios publicitarios y spots pero también metrajes de corta y larga duración.

3.2.4.1. CANON 5D MARK III ³¹

³⁰ http://www.imdb.com/title/tt2395427/technical?ref=tt_dt_spec [Consultado 07/07/15]

³¹ http://www.canon.es/for_home/product_finder/cameras/digital_slr/eos_5d_mark_iii/ [Consultado 17/06/15]

En este trabajo se pretende evidenciar la transición de las cámaras tanto de cine como de video digital hacia una democratización de su uso y una miniaturización de su aspecto. De este modo, la Canon 5D no es una cámara al uso de cinematografía digital, sin embargo, sus altas prestaciones permiten la elaboración de metrajes de alta calidad. Es decir, pese a no lograr alcanzar una calidad que sí alcanzan las cámaras profesionales de cine, esta *DSLR (Digital Single Lens Reflex)* logra una calidad nada desdeñable con un precio mucho más modesto y accesible. Respecto a sus características: la Canon 5D cuenta con un sensor CMOS de 36mm x 24mm (más habitual del formato de fotografía fija) y que supera en tamaño al Súper 35mm habitual de las cámaras de cinematografía profesional. Ofrece una resolución HD (1920x1080) con un procesador de imagen de 14 bits y cuenta con velocidades de 24, 25 y 30 *fps* en el caso de la máxima resolución, y hasta 60 *fps* para el modo de grabación 720p. Este último modelo permite una salida directa HDMI sin compresión en Full HD 4.2.2 de 8 bits si se dispone de grabadores externos. En cuanto a la sensibilidad ISO, es un parámetro fotográfico que regula la luz que le llega al sensor junto a velocidad de obturación y diafragma, la Canon 5D ofrece valores hasta 25.000, lo que permite filmación con baja luz. El almacenamiento habitual es una tarjeta de memoria Compact Flash, aunque puede emplearse un grabador externo o tarjeta SD. El tamaño de esta cámara es de 152x113x75 mm y el peso de 810 g, lo que la hace mucho más manejable que una cámara de cinematografía digital, aunque si bien requerirá un trípode o estabilizador para realizar una buena filmación. En cuanto a uso de estas cámaras para productos audiovisuales, la serie *House* (Shore, 2004) empleó este tipo de cámara para filmar la séptima temporada y ha sido una de las cámaras utilizadas también para las cabeceras del programa de televisión “Salvados” (Évole, 2008)³².

3.2.4.2. NIKON D810^{33A}

Originalmente, la Nikon D90 fue la primera cámara *DSLR* capaz de grabar vídeo de alta definición (720p). No obstante, en la actualidad, el modelo equiparable a la Canon 5D

³² <http://www.cameraman.es/noticias/entrevista-a-marc-gonzalez-operador-de-camara-en-salvados/1> [Consultado 17/06/15]

³¹ http://www.nikon.es/es_ES/product/digital-cameras/slr/professional/d810#tech_specs [Consultado 12/05/16]

³² http://www.nikon.es/es_ES/product/digital-cameras/slr/professional/d5#tech_specs [Consultado 12/05/16]

sería la Nikon D810, un último modelo que salió al mercado en 2014 tras descatalogar a la D800. De este modo, la cámara Nikon D810 tiene un formato CMOS de fotograma completo 35,9x24mm que alcanza resoluciones de alta definición (1920x1080) además de ofrecer distintas velocidades de grabación, desde 24 *fps* hasta 60 *fps* dependiendo del modo de grabación. Esta cámara ofrece una profundidad de color de 12 a 14 bits y en cuanto a ISO ofrece valores hasta 12.800. Respecto a la compresión, se realiza a H.264 y MPEG-4 para finalmente ofrecer el video en formato MOV. El soporte de almacenamiento de la Nikon D810 son tarjetas de memoria *SD* o tarjetas de memoria *Compact Flash*. Esta cámara presenta unas dimensiones de 146x123x81,5 mm y un peso de 980g.

3.2.4.3. NIKON D5³⁴

La Nikon D5 es la última novedad de la compañía japonesa que ha lanzado en 2016 este modelo de cámara DSLR con capacidad de grabar a 4K. La Nikon D5 cuenta con un sensor CMOS FX de 35,9 mm por 23,9 mm que ofrece, como hemos anticipado, Ultra Alta Definición (*UHD*) con resolución máxima de 3840x2160 a 24, 25 y 30 *fps*, aunque también ofrece resolución 1920x1080 o Alta Definición (*HD*) a velocidades de grabación de 24, 25, 30, 50 y 60 *fps* con una profundidad de color de 12 a 14 bits. Respecto a la sensibilidad ISO del sensor, ofrece valores que oscilan entre 100 y 102400, aunque si bien los valores máximos de ISO son anecdóticos, pues la cantidad de ruido que añaden a la imagen la hacen prácticamente inutilizable. Respecto a la compresión, se realiza también a H.264 y MPEG-4, cuyo formato final del video será en formato MOV. El almacenamiento de la Nikon D5 se realiza mediante tarjetas XQD y Compact Flash. Las tarjetas XQD responden a un nuevo estándar de tarjetas de memoria lanzado por la Asociación CompactFlash³⁵ que permiten velocidades de transmisión de datos superiores a los 250MB/s. Por último, las dimensiones de esta cámara son 160x158,5x92 mm.

³⁵ <http://www.compactflash.org/xqd-cards> [Consultado 12/05/16]

V. CÁMARAS DEPORTIVAS: PARADIGMA DE DEMOCRATIZACIÓN Y MINIATURIZACIÓN

A lo largo de este trabajo se ha conocido la evolución desde los primeros inventos que ayudaron a crear la primera cámara cinematográfica, hasta los últimos modelos de altas prestaciones en cinematografía digital, pasando por una transición tecnológica que rompió todos los paradigmas analógicos para establecer una nueva era digital. Llegados a este punto, este apartado pretende confluir finalmente en las cámaras deportivas, cámaras personales o cámaras de acción, que surgieron a partir de 2004 con la GoPro HERO 35mm que empleaba tecnología analógica. No obstante, a partir de 2006 comenzaría a producirse la GoPro HERO, ya con tecnología digital, y que acabó alcanzando un éxito rotundo de ventas³⁶. Sería a partir de 2006 cuando comenzaron a surgir cámaras deportivas que coparon el mercado de las GoPro ampliando así la oferta de cámaras y la competitividad y rendimiento de éstas. Esta proliferación supone un último estadio de las cámaras en cuanto a miniaturización y democratización del uso de este tipo de materiales. En la actualidad, gracias a este tipo de cámaras, se puede lograr una grabación a alta calidad con un precio relativamente asequible.

5.1. CÁMARAS DEPORTIVAS

5.1.1. GOPRO HERO 4³⁷

La cámara deportiva GoPro HERO 4 Black es el último modelo de la compañía pionera en este sector. Este nuevo modelo permite una grabación a 240 *fps* con una resolución de 720p y 120 *fps* con resolución 1080p, además de una resolución de hasta 4K a 30fps o 2,7K a 60fps gracias a un procesador que ofrece el doble de rendimiento que su predecesor. Se trata de una cámara sumergible hasta 40 metros y cuya ventaja principal reside tanto en el peso (89 gramos) como en sus dimensiones, 4,2 cm de alto por 6,0 cm de largo y 3,0 cm de ancho. El hecho de ser una cámara de pequeño tamaño y peso es

³⁶ <http://www.forbes.com/sites/ryanmac/2013/03/04/the-mad-billionaire-behind-gopro-the-worlds-hottest-camera-company/> [Consultado 01/07/15]

³⁷ <http://es.shop.gopro.com/hero4/hero4-black/CHDHX-401.html> [Consultado 01/07/2015]

precisamente lo que convierte a esta cámara en el complemento perfecto para realizar tomas subjetivas o desde lugares donde las demás cámaras no pueden acceder, bien por su tamaño, bien por su peso. Más adelante se tratará, de manera general, las posibilidades narrativas y técnicas de este tipo de cámaras.

GoPro es la más alta gama de cámaras deportivas cuyo rendimiento y prestaciones no están al alcance de sus competidores, no obstante, también tiene un precio significativamente mayor que las otras firmas. El modelo GoPro HERO 4 Black tiene un coste de 529€.

5.1.2. SONY FDR-X1000VR³⁸

El modelo de Sony FDR-X1000 VR responde al modelo de cámaras deportivas de alta gama de la compañía japonesa. Presenta unas dimensiones de 2,4x5,1x8,8 cm, por lo que, al menos en cuanto a forma, difiere de la GoPro, además de un peso de 114 gramos. Cuenta con un sensor CMOS Exmor R y una lente Carl Zeiss Tessar con un campo de visión desde 120° hasta 170° dependiendo de si emplea estabilizador de imagen o no. La Sony FDR-X1000 VR ofrece resoluciones de hasta 4K (3840x2160) a 30/25/24 fotogramas por segundo, hasta 120 *fps* para resolución *Full HD* (1920x1080) y hasta 240fps para resolución 720p. Los formatos de grabación de esta cámara son MP4 (MPEG-4 AVC/H.264) y XAVC S (MPEG-4 AVC/H.264), un códec profesional de la propia compañía Sony que ofrece una elevada tasa de bits. Respecto al almacenamiento, se requiere tarjetas Memory Stick Micro o Micro SD/SDHC/SDXC.

No obstante, además de estas características, esta cámara deportiva de Sony presenta otras características que la hacen destacar respecto a sus competidores. Como por ejemplo, un estabilizador de imagen (*SteadyShot*), conexión WiFi que permite emisión *streaming* o multicámara, o GPS integrado que ofrece datos sobre la velocidad y la ubicación de la cámara. El precio de esta cámara es de 448,99 €.

³⁸ <http://www.sony.es/electronics/actioncam/fdr-x1000v-body-kit/specifications#features>
[Consultado 20/07/15]

5.1.3. XIAOMI YI³⁹

La Xiaomi Yi se incluye en esta lista por formar parte de las cámaras de perfil bajo o *low cost* pero que, sin embargo, logra alcanzar una calidad nada desdeñable. De este modo, este tipo de cámaras son asumibles prácticamente por cualquier persona, culminando así un proceso de democratización del material filmico, y presentan unas dimensiones extremadamente pequeñas, siguiendo también con la miniaturización de las cámaras de video. Las dimensiones de esta cámara deportiva de origen chino son 4,2x2,1x6,0 cm y el peso es de 73 gramos, siendo, por lo tanto, más pequeña y ligera que la GoPro. Esta cámara es capaz de grabar videos en alta definición (1920x1080) a velocidades de hasta 60 *fps* gracias a su sensor CMOS Exmor R de Sony. Cuenta con conectividad WiFi para conectar la cámara a una aplicación mediante la cual se podrán ajustar los parámetros de la cámara además de visionar el encuadre y el resultado final de la grabación o fotografía. Para almacenar el material grabado requiere tarjetas MicroSD con capacidad de hasta 64GB. Su precio oscila entre los 80€ y los 100€, dependiendo del distribuidor.

Por otra parte, la compañía Xiaomi ya ha anunciado el lanzamiento en un futuro próximo de su segunda cámara de acción, la Yi 4K Action Camera, cuyas principales novedades son, precisamente, la capacidad de grabar a 4K⁴⁰ y la incorporación de una pantalla o *display*. Las características de esta cámara que aún no ha visto la luz en el mercado son: un procesador Ambarella A9SE, un sensor Sony IMX377 de 12MP que permite grabaciones a 4K a una velocidad de 30 *fps* y de 720p con una velocidad de hasta 240 *fps*. Respecto a la batería, uno de los aspectos a mejorar de este tipo de cámaras, la nueva Xioami Yi contará con una batería de 1400 mAh que permiten hasta 120 minutos de grabación 4K. Otras novedades que incluye esta cámara son la incorporación de estabilización electrónica de la imagen, giroscopio y acelerómetro, corrección de distorsión de lente, disparo retardado y función *slow motion* incorporada en velocidades 1/8, 1/4 y 1/2. Respecto a las dimensiones, almacenamiento y demás detalles, aún no se ha hecho

³⁹ <http://www.yitechnology.com/actioncamera.php?id=3> [Consultado 20/07/15]

⁴⁰

<https://www.facebook.com/YiCameraOfficial/photos/a.482836771889504.1073741828.472670052906176/583036535202860/?type=3&theater> [Consultado 12/05/15]

público por parte de la compañía, aunque se estima que el precio de partida rondará los 250-300\$⁴¹

5.1.4. SJ5000+ ⁴²

La cámara de acción SJ5000+ es otra de las más populares dentro del perfil “low cost”. La SJ5000+ dispone de un sensor Panasonic MN34120PA que permite grabación *full HD* (1920x1080) a 60/30 *fps*, velocidad que se duplica hasta los 120 *fps* si se baja la resolución de la grabación a 720p y alcanza los 240 *fps* en 480p. La principal baza de la SJ5000+ frente a sus competidores es que con el precio, 150 €, incluye accesorios tales como la carcasa de protección sumergible, cintas adhesivas o adaptadores para el casco entre otros muchos. El almacenamiento se realiza también en tarjetas MicroSD. Las dimensiones de la SJ5000+ son 6x4,1x2,4 cm con un peso de 74 g.

5.2 POSIBILIDADES TÉCNICAS Y NARRATIVAS

Las cámaras de acción nacieron a principios del siglo XXI con la finalidad principal de registrar las actividades deportivas de las personas, tanto a nivel primera persona o plano subjetivo, como a nivel tercera persona. Esto era posible debido a sus dimensiones reducidas y su escaso peso, lo que permitía que el deportista pudiera llevar colocada en alguna parte de su cuerpo la cámara de acción o deportiva o, mediante el uso de algún accesorio, dirigir el encuadre de la cámara hacia sí mismo para grabarse mientras practica dicho deporte. Para ello, se han ido desarrollando una serie de accesorios compatibles con las cámaras para poder sujetar la cámara a casi cualquier parte del cuerpo, o, si se prefiere, a cualquier elemento externo para lograr el mejor plano posible. Una de las ‘marcas’ o sellos de identidad principales de este tipo de cámaras es la presencia de una lente gran angular u ‘ojo de pez’ que permite ampliar el espacio abarcable por el encuadre, añadiendo la mayor cantidad de elementos posibles al encuadre, y que produce un plano reconocible por el espectador, aunque si bien es cierto que este tipo de deformación

⁴¹ <http://www.xatakafoto.com/actualidad/xiaomi-yi-4k-como-de-buena-es-la-camara-de-accion-barata-de-los-chinos> [Consultado 13/06/16]

⁴² http://www.amazon.es/SJCAM-ORIGINAL-SJ5000-Impermeable-definici%C3%B3n/dp/B00SSQMBFK/ref=sr_1_2?ie=UTF8&qid=1437392384&sr=8-2&keywords=sj+5000 [Consultado 20/07/15]

producida por la lente puede corregirse con facilidad. Debido a la popularización de este tipo de cámaras deportivas, se han asimilado en el imaginario colectivo y social una serie de planos y/o fórmulas narrativas características de este tipo de cámara. Tanto es así, que a día de hoy, es ciertamente habitual encontrar planos de spots televisivos o largometrajes que han sido filmados mediante una cámara deportiva para añadir una 'marca' o simplemente, para abrir aún más el abanico de posibilidades técnicas y narrativas del lenguaje audiovisual. Por último, el desarrollo de tecnologías inalámbricas ha ayudado a consolidar el ámbito de las cámaras deportivas o de acción dentro del ámbito de las cámaras profesionales, como se puede observar en el caso de las carreras de motos y coches, entre otros muchos deportes, en los que se emplea una cámara deportiva como cámara de apoyo o incluso como visión subjetiva mediante multicámara o incluso *streaming*, o emisión vía internet.

5.2.1. ACCESORIOS ⁴³

En este apartado se pretende nombrar algunos de los accesorios más comunes que se emplean para aumentar las posibilidades de uso de las cámaras de acción y el uso que se puede hacer de la combinación del accesorio junto a la cámara. En la actualidad, el listado de accesorios es inabarcable por lo que se enumerarán aquellos más populares y empleados.

1. Carcasa estándar: en la figura 15 se puede apreciar la carcasa estándar: el elemento más popular de las cámaras de acción y aquello que permite que éstas sean sumergibles y/o resistentes a polvo, nieve, altas y bajas temperaturas, agua o golpes. Se emplea para cualquier actividad debido a su función protectora de la cámara además de ser el nexo de unión entre la cámara y el accesorio.



Figura 15. Carcasa estándar

2. Monopod: es el elemento más utilizado para registrar una actividad en tercera persona o bien para grabar desde una altura inaccesible para el brazo humano, como se aprecia en la figura 16.



Figura 16. Monopod

⁴³ Todos los accesorios han sido obtenidos de la página:
<http://es.shop.gopro.com/EMEA/mounts/> [Consultado 21/07/15]

Este accesorio se puede utilizar para cualquier deporte que permite tener libre una mano: snowboard, paracaidismo, *skate*...

3. Correa para la cabeza: La figura 17 muestra una correa con soporte para fijar la cámara de acción. Este accesorio permite un plano completamente subjetivo, es decir, la cámara graba prácticamente aquello que ven nuestros ojos. Este accesorio puede emplearse para aquellos deportes que requieran el uso de las manos: escalada, baloncesto, submarinismo, ciclismo... o simplemente, como se ha expresado anteriormente, por obtener un plano subjetivo.



Figura 17. Correa para la cabeza

4. Arnés: se trata de un accesorio que libera completamente las extremidades y permite un plano subjetivo. En la figura 18 se puede apreciar un arnés o correa de pecho que puede ser utilizada como accesorio de una cámara de acción para filmar sobre una motocicleta o practicando algún deporte de nieve.



Figura 18. Arnés

5. Muñequera: es uno de los accesorios más recientes, y debido a la rotación que ofrece permite tanto grabar autorretratos como el paisaje de alrededor. En la figura 19 se aprecia este accesorio que también puede reconvertirse a brazalete o correa de pierna. Este accesorio permite liberar las manos y los pies y captar la actividad deportiva desde un punto de vista determinado. Se puede emplear para prácticamente todos los deportes: escalada, ciclismo, *snowboard*, surf...



Figura 19. Muñequera

6. Ventosa: En la figura 20 se puede apreciar el soporte de ventosa que se utiliza para instalar la cámara en un coche, moto, barco, o cualquier otro material no poroso donde se puede obtener un plano original, por ejemplo, un tablero de canasta de baloncesto.



Figura 20. Ventosa

7. Placa frontal para casco: Este accesorio permite acoplar una cámara de acción directamente sobre un casco de protección, como se aprecia en la figura 21. Es el complemento perfecto para realizar una grabación subjetiva mientras se practican deportes como el motociclismo, el *snowboard* o la escalada.



Figura 21. Placa frontal para casco

8. Soportes adhesivos: estos soportes se utilizan para instalar la cámara deportiva en una superficie no porosa como un coche, una moto, un ala de avión, un remo, un casco... En la figura 22 se puede apreciar este accesorio.



Figura 22. Soportes adhesivos

9. Abrazadera flexible: se trata de un brazo articulado que permite orientar la cámara deportiva en cualquier dirección. El anclaje se realiza mediante una de las pinzas que tiene en un extremo, como se puede observar en la figura 23. Se puede aplicar para instalar la cámara en una mesa de pin-pon, en un instrumento musical o una barandilla.



Figura 23. Abrazadera flexible

10. Control remoto: Este accesorio sirve para controlar de forma remota la cámara de acción hasta a 180m, se puede observar en la figura 24. Este elemento ayuda a obtener planos o fotografías en el momento justo, a cambiar la configuración de la cámara sin necesidad de desplazarse hasta el lugar donde se encuentra o apagar la cámara remotamente.



Figura 24. Control remoto

5.2.2. NUEVAS FÓRMULAS NARRATIVAS

Las cámaras de acción o cámaras deportivas han introducido unas nuevas posibilidades narrativas en el lenguaje audiovisual. Las escasas dimensiones y peso de estas cámaras las hacen accesibles a lugares dónde las cámaras de video y/o televisión no pueden acceder. De este modo, las cámaras deportivas se han convertido en un elemento más dentro de muchas retransmisiones o coberturas deportivas. En este apartado se pretende dejar patente la presencia de las cámaras de acción en las producciones audiovisuales en la actualidad tanto dentro como fuera del ámbito deportivo.

5.2.2.1. TOUR DE FRANCIA ⁴⁴

En la última edición del Tour de Francia se ha podido constatar la presencia de cámaras GoPro entre algunos de los ciclistas participantes. Concretamente serán ocho ciclistas de los veintidós equipos participantes los que en cada etapa serán los encargados de portar la cámara deportiva en sus bicicletas para recoger imágenes desde dentro del pelotón⁴⁵. En la figura 25 se puede apreciar a un operario instalando una GoPro en la bicicleta, mientras que en la figura 26 se aprecia a un ciclista asomando su rostro en el encuadre de la cámara deportiva que lleva en su bicicleta. Además, en el Tour de Francia 2015 se realizaron pruebas de emisión en directo de estas cámaras para poder emitir en abierto próximamente.



Figura 25. GoPro instalada en el sillín de la bicicleta Figura 26. Rostro del ciclista dentro del encuadre de una GoPro

5.2.2.2. SPOTS TELEVISIVOS

Debido a la popularidad que han alcanzado las cámaras deportivas, cada vez es más frecuente encontrar spots televisivos que contienen algún plano filmado con una cámara deportiva (o valiéndose de la subjetividad que se le atribuye a sus planos). En el caso del anuncio de “Muchoviaje.com”, el spot simula estar grabado casi en su totalidad con cámara deportiva. Esto se debe a que este tipo de cámaras se atribuyen, especialmente, al ámbito deportivo y de las aventuras. Por este motivo, esta agencia de viajes ha pretendido mostrar al espectador una asociación viaje-aventura que representa

⁴⁴ <https://www.youtube.com/watch?v=X63m5r5jJlg> [Consultado 22/07/15]

⁴⁵ <http://www.letour.com/le-tour/2015/us/pre-race/news/ahc/tv-gopro-inside-the-peloton.html> [Consultado 22/07/15]

perfectamente el plano o encuadre de las cámaras deportivas. En las figuras 27 y 28 se pueden apreciar dos fotogramas de este spot⁴⁶. Más concretamente la figura 28 representa otro de los usos que se le ha dado a las cámaras deportivas como cámara doméstica o para registrar recuerdos. Debido a la comodidad y al poco espacio y peso que conlleva una cámara deportiva, en la actualidad es una opción casi preferente entre los excursionistas para almacenar las vivencias en los viajes.



Figura 27. Fotograma del anuncio de "Muchoviaje.com" Figura 28. Fotograma del anuncio de "Muchoviaje.com"

En las figuras 29 y 30 se observan dos fotogramas de otro spot comercial, en este caso de la firma Nike⁴⁷. El éxito de este tipo de planos que se asocian a las cámaras deportivas radica, principalmente, en que el espectador puede experimentar en primera persona aquello que viven los deportistas practicando sus deportes. Puede experimentar el punto de vista de un atleta, un motorista o un esquiador. Además, se trata de planos con mayor dinamismo (debido al movimiento implícito) que rompen con los planos estáticos o con movimientos uniformes que se suelen utilizar en el ámbito audiovisual.



Figura 29. Fotograma del anuncio de "Nike"

Figura 30. Fotograma del anuncio de "Nike"

Por otra parte, los spots televisivos también tratan de abarcar la mayor cantidad de público o de generar sorpresa entre los espectadores y para ello, trasladan al terreno

⁴⁶ <https://www.youtube.com/watch?v=pZpvAr5D6Eo> [Consultado 22/07/15]

⁴⁷ <https://www.youtube.com/watch?v=IZA-57h64kE> [Consultado 22/07/15]

profesional aquellas prácticas más domésticas, como el conocido 'selfie'⁴⁸. Este término, proveniente del pronombre inglés *self*, que podría significar 'a sí mismo', designa actualmente a la tendencia o moda al autorretrato. Los teléfonos móviles con cámara delantera y la popularización de los monopod, extensores o 'palos *selfie*' han generado una nueva tendencia a autofotografiarse. En esta línea está grabado el spot de la marca de productos de limpieza "Cillit Bang"⁴⁹ como se puede apreciar en las figuras 31 y 32.



Figura 31. Fotograma del spot de "Cillit Bang"



Figura 32. Fotograma del spot de "Cillit Bang"

Para concluir este apartado y a modo de recapitular se puede afirmar que las cámaras deportivas (o bien el modo implícito de grabación) se emplean en spots publicitarios fundamentalmente debido a dos motivos: en primer lugar, debido a la búsqueda de un modo de grabación que refleje una determinada subjetividad, un determinado punto de vista de una persona que está viendo o realizando alguna actividad; en segundo lugar, para trasladar las tendencias y modas en cuanto a grabación y autorretrato del espacio social al espacio mediático y así lograr atraer con esta determinada 'estética'.

5.2.2.3. DRONES Y PLANOS AÉREOS

El creciente uso de las cámaras deportivas se ha visto enormemente potenciado por el desarrollo paralelo de la tecnología de los drones. Un dron o *drone* es un vehículo aéreo no tripulado y autopropulsado⁵⁰. Aunque estos artilugios surgieron en el ámbito militar como elementos de vigilancia y, en ocasiones, como arma, en la actualidad se utilizan también en el ámbito civil, bien por mero entretenimiento o bien con una finalidad

⁴⁸ <http://www.oxforddictionaries.com/es/definicion/ingles/selfie> [Consultado 22/07/15]

⁴⁹ <https://www.youtube.com/watch?v=LnPWGzvoi10> [Consultado 22/07/15]

⁵⁰ <http://dle.rae.es/?id=ED2QqnQ> <http://eleconomista.com.mx/seguridad-publica/2011/03/16/que-son-drones-o-aviones-no-tripulados> [Consultado 22/07/15]

determinada dentro del sector audiovisual. Como se ha explicado anteriormente, el auge de los drones y de las cámaras deportivas es un éxito estrechamente relacionado. Los drones se utilizan en el sector audiovisual para captar planos aéreos en sustitución de los planos aéreos filmados por un helicóptero o una avioneta. En este aspecto, los drones parecen tener numerosas ventajas y pocos inconvenientes. El dron o aeronave no tripulada tiene un coste inmensamente inferior al del alquiler de un helicóptero o avioneta, además de ofrecer una serie de movimientos de cámara insólitos hasta el momento. El principal inconveniente de los drones hasta el momento es su autonomía, comprendida entre los cinco y los veinte minutos, es útil para grabaciones que no requieran una imagen en directo⁵¹. Los planos aéreos que ofrecen los drones son posibles principalmente por la confluencia de dos avances tecnológicos recientes: por un lado las cámaras deportivas, con unas dimensiones reducidas y un peso escaso, y por otro lado, los drones, contruidos con diversos motores eléctricos de 300W de potencia mínima, hélices de nylon o fibra de carbono y un sistema de alimentación eléctrica además del sistema de control remoto. Por lo tanto, los planos aéreos realizados con drones permiten acceder a lugares remotos e inaccesibles para otros vehículos como los helicópteros y ofrecer así imágenes desde el cielo, completamente estables y de gran calidad. En la figura 33⁵² se puede apreciar una imagen de unos fuegos artificiales captados por un dron y una GoPro, mientras que en la figura 34⁵³ se aprecia la estructura de un dron con una GoPro instalada.



Figura 33. Fotograma de un video de GoPro



Figura 34. Fotograma de un video de "Wall Street Journal"

⁵¹ <http://www.planoaereo.com/> [Consultado 22/07/15]

⁵² <https://www.youtube.com/watch?v=PvkcqgpZJCw> [Consultado 22/07/15]

⁵³ <https://www.youtube.com/watch?v=qZ1ft1ADrLY> [Consultado 22/07/15]

HEXOPLUS⁵⁴ Y LILY⁵⁵

Tanto *HEXO+* como *Lily* son proyectos muy recientes a los cuales se les atribuye una idea que puede suponer un salto importante a nivel cualitativo tanto para las cámaras deportivas como para los drones. Ambas empresas centran su actividad en la construcción de drones capaces de seguir a una persona. Este hecho se lleva a cabo mediante un dispositivo llamado *tracking device* o dispositivo de rastreo. Se trata de drones de seguimiento que llevan incorporados patrones de movimientos de cámara cinematográficos y que graban o fotografían cualquier actividad de manera totalmente autónoma.

Según explica en la web de *HEXO+*: “*HEXO +* es una cámara voladora que te sigue y te graba de manera autónoma. Sólo hay que conectar tu GoPro a su dron, establecer su encuadre en nuestra aplicación y ¡ya está listo para funcionar!”. Este dron requiere una configuración previa del tipo de grabación (encuadre, movimientos de cámara, altura, lugar del tiro de cámara...) que se realiza en una *app* del propio fabricante. Respecto a las especificaciones técnicas de este dispositivo podemos destacar sus dimensiones: 43,5 cm de ancho, 41 cm de largo y 10,3 de alto con un peso de 1,7 kg incluyendo gimbal y batería. En la figura 35⁵⁶ se puede apreciar un fotograma en el que se aprecia el dron *HEXO+* mientras está filmando a un deportista.

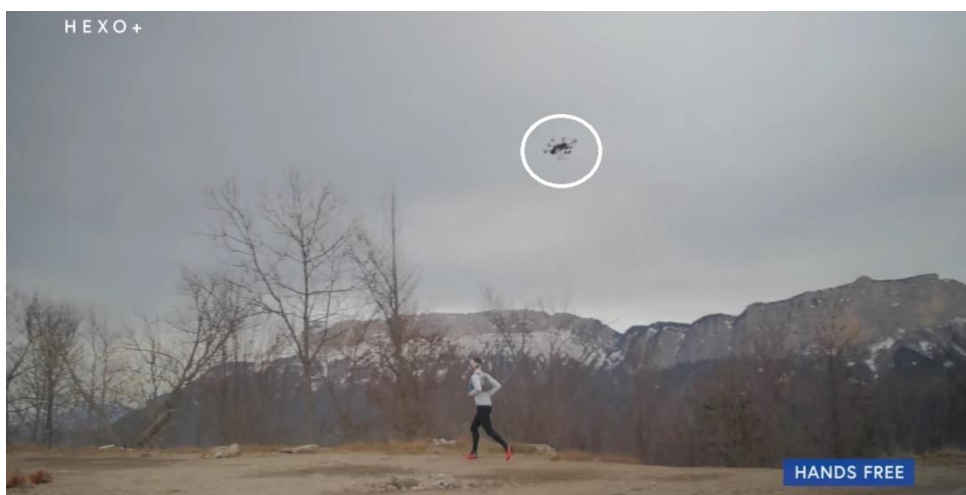


Figura 35. Fotograma del video promocional de HEXO+

⁵⁴ <https://hexoplus.com/> [Consultado 23/07/15]

⁵⁵ <https://www.lily.camera/> [Consultado 23/07/15]

⁵⁶ <https://www.youtube.com/watch?v=m5-ggouniaY> [Consultado 23/07/15]

Por otra parte, el dron de *Lily* explica en su página web: “*Lily* es la primera cámara lanza-y-graba en el mundo. Todo lo que tienes que hacer es tirarlo en el aire para empezar a grabar. *Lily* vuela de manera autónoma y utiliza el GPS y la visión por computadora para seguirte. *Lily* es resistente al agua, ultra-compacto, y graba y fotografía con imágenes de alta definición”. Este dron tiene una pulsera o muñequera con tecnología GPS que funciona como dispositivo de rastreo. Sus dimensiones son bastante más compactas que las del *Hexo+*: 26,1 cm de largo y ancho por 8,18 cm de alto con un peso total de 1,3 kg. En la figura 36⁵⁷ se puede apreciar un plano aéreo realizado por el dron *Lily*.



Figura 36. Fotograma del video promocional de "Lily"

Por lo tanto, la diferencia fundamental entre *HEXO+* y *Lily* es que mientras que *HEXO+* funciona por *bluetooth*, un sistema de comunicación inalámbrico comúnmente instalado en los *smartphones* o teléfonos inteligentes, *Lily* emplea tecnología de geolocalización mediante tecnología GPS incorporada al dispositivo de rastreo con forma de pulsera o muñequera.

Se trata de drones que ya pueden reservarse en la página web en el caso de *Lily*, cuyo lanzamiento al mercado se espera para septiembre de 2016 y que ya están disponibles a la venta en el caso de *HEXO+*. Estos proyectos son la piedra angular del futuro de los planos aéreos y que abrirán un campo nuevo en el ámbito audiovisual. Con *HEXO+* y *Lily* se advierte una profunda modificación de las grabaciones tanto domésticas como profesionales sobre todo en cuanto a planos aéreos. Aunque, de momento, ambos drones tienen algunos inconvenientes: tienen aún una autonomía limitada (entre 13 y 22 minutos de vuelo) y son incapaces de esquivar obstáculos. En el caso de esta última, se

⁵⁷ <https://www.youtube.com/watch?v=4vGch0Bk3hg> [Consultado 23/07/15]

trata de una problemática que ambas empresas están intentando solucionar, según indican en sus respectivas páginas web. Sin duda, se producirá un salto cualitativo grande cuando logren que estos drones sean completamente autónomos ante situaciones imprevisibles, un último estadio para una grabación aérea totalmente autónoma que supondrá una reducción de costes importantísima (democratización) y una no menos importante reducción de tamaño (miniaturización) respecto a los actuales planos aéreos realizados con helicóptero.

5.2.2.4. VCFPLAY.COM

www.VCFplay.com es la página web de la televisión oficial del Valencia Club de Fútbol. Desde diciembre de 2014 y hasta el pasado abril mediante las prácticas en empresa del Máster en Postproducción Digital de la EPSG de la UPV estuve como becario realizando mis prácticas en esta empresa. El hecho de incluirlo como uno de los apartados de este trabajo responde, precisamente, a que se trata de una empresa que hace un uso frecuente de las cámaras deportivas con distintas finalidades y principal motivo de inspiración para la realización de esta investigación. Principalmente y como hemos comentado con anterioridad, se emplean como apoyo o segunda cámara con la imagen gran angular característica de este tipo de cámaras además de por su accesibilidad a lugares más inaccesibles para las cámaras ENG (*Electronic News Gathering*) o cámaras de televisión profesionales. La otra finalidad es simular una subjetividad en la mirada, simular un punto de vista determinado, ya sea para colocarse en el punto de vista de un futbolista como en el de cualquier otro trabajador del club. Por último, otra de las finalidades con las que se usa la GoPro Hero es para capturar *timelapse*⁵⁸, técnica que consiste fundamentalmente en fotografiar el paso del tiempo. Estas tres son las finalidades principales con las que se emplean las cuatro cámaras GoPro con las que cuenta VCFplay. A continuación se mostrarán capturas de pantalla de videos de la web oficial en las que quedan reflejados los distintos usos de las cámaras de acción anteriormente mencionados:

⁵⁸ <http://www.xataka.com/fotografia-y-video/guia-completa-para-el-creador-de-timelapses> [Consultado 27/07/15]

En la figura 37⁵⁹ se aprecia una captura de un *timelapse* realizado en *Xàbia* (Jávea) con motivo de un reportaje a Antonio Sivera, portero del Valencia CF Juvenil “A” y vigente campeón de Europa Sub-19 con la selección nacional de fútbol. Este tipo de recurso se emplea, fundamentalmente, para contextualizar la entrevista o reportaje tanto espacial como temporalmente, o bien, para indicar un cambio de espacio o tiempo. La modalidad del *timelapse* consiste en fotografiar un mismo espacio con una espacialidad temporal constante que, en este caso era de 10 segundos. Es decir, cada 10 segundos la GoPro tomaba una fotografía. El resultado tiene más de imagen en movimiento o video que de imagen fija, y muestra el paso de las nubes y los movimientos de los bañistas.



Figura 37. Fotograma de un video de VCFplay.com

En este otro caso podemos observar otro ejemplo de *timelapse*, en este caso se realizó mientras se llevaba a cabo un proceso de restauración y actualización del estadio de Mestalla que, como hemos dicho, sufrió un profundo cambio estético al finalizar la temporada 2013-2014. Con esta técnica se pueden apreciar los avances que se hacían hora tras hora y día tras día en la fachada del estadio. En la imagen de la figura 38⁶⁰ se puede ver a operarios trabajando en la pintura y redecoración del estadio. De este modo, al principio del *timelapse* se aprecia el estadio tal y como se encontraba antes de la remodelación, durante la reproducción se apreciarán los pequeños procesos que llevaron a cabo los operarios para terminar con el estadio completamente remodelado. Esto le permite al espectador descubrir de manera diacrónica todo el proceso de restauración, desde el principio hasta el fin, denotando un cambio de temporalidad.

⁵⁹ <http://www.vcfplay.com/future/javea-homenajea-campeon-europeo-antonio-6531.html>
[Consultado 27/07/15]

⁶⁰ <http://www.vcfplay.com/club/decorado-fachada-principal-mestalla-4297.html>
[Consultado 15/06/16]



Figura 38. Fotograma de un video de VCFplay.com

En la figura 39⁶¹ se observa un plano realizado con una GoPro cuya finalidad es, sencillamente, ofrecer otro tiro de cámara y por tanto, servir como segunda cámara para dar fluidez y espacialidad al reportaje. En este caso concreto, yo, que actuaba como cámara principal, me encontraba filmando desde detrás la salida del futbolista mientras que la GoPro ofrece apoyo como contraplano.



Figura 39 Fotograma de un video de VCFplay.com



Figura 40 Fotograma de un video de VCFplay.com

En el caso de la figura 40⁶², se puede ver otro ejemplo en el que una cámara deportiva se emplea como segunda cámara. Gracias a la variedad de accesorios que dispone y a sus dimensiones reducidas, pudimos colocar una GoPro en una esquina del vestuario del Valencia CF, sobre una taquilla, ofreciendo así una perspectiva amplia del

⁶¹ <http://www.vcfplay.com/future/javea-homenajea-campeon-europeo-antonio-6531.html> [Consultado 27/07/15]

⁶² <http://www.vcfplay.com/fans/instameet-mestalla-forever-tour-7316.html> [Consultado 15/06/16]

espacio. Este recurso tiene enorme importancia pues te garantiza un bruto o clip seguro de un espacio mientras el cámara principal se puede dedicar a filmar detalles u otros planos de interés.

En las figuras 41 y 42 se distinguen la última de las finalidades principales del uso de las GoPro en VCFplay. Se trata de ofrecer un punto de vista subjetivo, es decir, simulando el punto de vista de un/una futbolista o de un/una aficionado/a. En el caso concreto del reportaje de la figura 41, se trataba de incluir el punto de vista dentro de la acción, de manera que uno de los participantes en el Campus del Valencia CF portaba una GoPro colocada mediante un arnés. De este modo, se logra un punto de vista original y diferente en el que el integrante del Campus ofrece su punto de vista sin ninguna repercusión negativa sobre él más allá de portar un arnés. En el caso de la figura 42, yo mismo era portador de una GoPro y me coloqué junto al público que estaba esperando al autobús que llevaba a los jugadores antes del partido ante el RCD Espanyol. La idea de este tipo de planos es que el aficionado pueda identificarse con este tipo de visión subjetiva. En este caso, se puede apreciar cómo vive la afición este momento de la llegada del equipo antes de un partido importante: algunos graban, otros gritan, otros mueven sus bufandas...



Figura 41 Fotograma de un video de VCFplay.com



Figura 42 Fotograma de un video de VCFplay.com

Para concluir este apartado, comentar que he escogido estos ejemplos concretos debido a que he formado parte del equipo de grabación y/o montaje de estos reportajes, por lo que me parecía más útil que escoger otros reportajes cuya participación por mi parte hubiera sido inexistente. Así pues, como ha quedado explicado, las cámaras GoPro se emplean fundamentalmente como segunda cámara de apoyo, para realizar *timelapse* y para lograr un punto de vista subjetivo de uno (o varios) de los protagonistas del reportaje.

5.2.2.5. STREAMING EN EVENTOS DEPORTIVOS

Las cámaras deportivas han experimentado un gran éxito en el campo de las retransmisiones en directo de eventos deportivos. Como se ha explicado con anterioridad, la ventaja de las cámaras deportivas radica en su pequeño tamaño y peso, lo que las hace accesibles a prácticamente cualquier lugar además de poder fijarla al cuerpo de un deportista o a su vehículo o herramienta mediante accesorios sin apenas molestia o inconveniente para la práctica deportiva. No obstante, antes de la llegada de las cámaras deportivas, la miniaturización ya había llevado a los profesionales del sector a plantearse la



construcción de cámaras pequeñas con el fin de ofrecer perspectivas originales en deportes como el automovilismo, se trata de las cámaras *On board*. Este tipo de cámaras se llevan instalado en F1, desde 1985, cuando en Alemania, Renault instaló una cámara en el monoplaza de François Hesnault como ilustra la figura 43⁶³.

Figura 43. Fotograma de un video de Youtube de François Hesnault en Alemania con un Renault.

Sin embargo, puede que ya en 1957 hubiera imágenes en video de este tipo de cámara cuando Juan Manuel Fangio condujo su Maserati en el circuito de Modena en un test⁶⁴, como se puede apreciar en la figura 44, sin entrar a valorar si son imágenes reales o no. De cualquier modo, estas cámaras *on board* siguen la misma lógica que las cámaras deportivas: pequeñas, ligeras y con calidad. En el caso de los monoplazas, a partir de 1998 todos los vehículos estaban obligados a llevar tres cámaras *on board* controladas por la FIA (Federación Internacional del Automóvil) en cuanto a posición, tamaño y peso para evitar ventajas o desventajas en cuanto a aerodinámica. Una de estas cámaras ofrece el

⁶³ <https://www.youtube.com/watch?v=YpKd5y3qrE0> [Consultada 31/07/15]

⁶⁴ <https://lacasadelmotor.wordpress.com/2015/06/23/camaras-on-board-en-la-formula-1/> [Consultada 31/07/15]

plano que se aprecia en la figura 45⁶⁵ y que se ha convertido en uno de los planos característicos de este deporte.



Figura 44. Fotograma de un video del monoplace de Fangio Figura 45. Fotograma de un video de Youtube

Otra función que se ha asignado recientemente a las cámaras de acción por sus dimensiones y prestaciones en la Formula 1 ha sido la seguridad del piloto. Desde el accidente que sufrió Fernando Alonso durante la pretemporada de 2015 en el circuito de Montmeló en el que el piloto asturiano pudo sufrir daños en la cabeza, la FIA decidió que mandarían incorporar una cámara adicional sobre el monoplace en dirección a la testa del piloto, la parte del cuerpo más vulnerable en caso de accidente o colisión⁶⁶. Así, la FIA junto a la empresa italiana Magneti Marelli, han desarrollado un prototipo de cámara para controlar y supervisar la cabeza de los pilotos. La cámara, de tamaño similar a una memoria USB como se aprecia en la figura 46, tiene un diseño compacto y ligero para no interferir en el flujo de aire de un F1, dispondrá de un *frame rate* de 400 *fps* que almacenará imágenes hasta noventa minutos en la caja negra del coche, sincronizadas con los datos de la telemetría. De este modo, la cámara ofrece visión dónde la telemetría no alcanza, y permitirá a los expertos recopilar información exacta acerca del momento, velocidad y fuerza del hipotético impacto de algún cuerpo u objeto con la cabeza del piloto⁶⁷.

⁶⁵ <https://www.youtube.com/watch?v=4vstWEvjW18> [Consultada 31/07/15]

⁶⁶ http://www.lespanol.com/deportes/motor/f1/20160328/112988824_0.html
[Consultado 13/06/16]

⁶⁷ <http://formulaspy.com/features/tech-insights/magneti-marelli-to-provide-fia-new-safety-camera-for-cars-in-2016-18095> [Consultado 13/06/16]

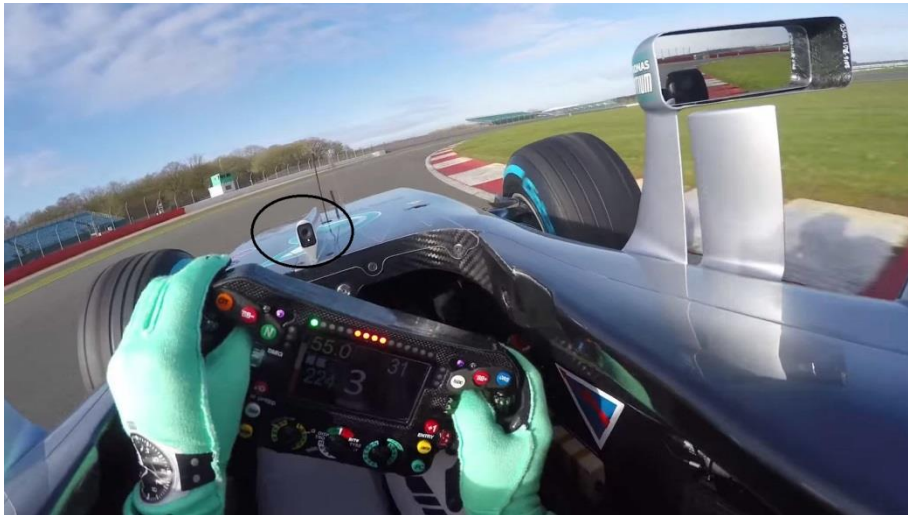


Figura 46. Fotograma del monoplaza de Nico Rosberg con la nueva cámara incorporada.

Por otro lado, cabe preguntarse cómo se lleva a cabo la retransmisión en directo de este tipo de imágenes. La retransmisión de Moto GP, realizada por la empresa Dorna, requiere de un complejo equipo de producción para ofrecer una cobertura profesional, en directo y en alta definición de este tipo de eventos deportivos. Para que las cámaras *on board* sean útiles en una retransmisión en directo se requiere de una compleja red de telecomunicaciones que dispondrá de varias antenas distribuidas en puntos estratégicos del circuito y una antena principal, situada en una grúa de 50 metros de alto, que cubrirá cerca del 85% del circuito⁶⁸. Estas antenas estarán conectadas a un conversor de fibra óptica, que es el material empleado para el cableado del circuito debido a su alta eficiencia. La información viajará por el sistema de cableado hasta el CCU o unidad de control de cámaras, dónde se convertirá la señal a video, se harán las correcciones pertinentes (iris, color, audio...) y se enviará posteriormente al IPF (*International Program Feed*). El IPF es la unidad dónde se aplican los grafismos a los planos, se registran los datos técnicos y se decide qué plano se emite y cual se descarta, las repeticiones... A esta unidad se ingestan hasta 46 señales diferentes provenientes de las cámaras *on board* pero también del helicóptero o las ENG. Finalmente el UBC es la unidad encargada de enviar al satélite las piezas que ya pueden ser emitidas desde cualquier televisión del mundo. De este modo, las cámaras *on board* instaladas en las motocicletas o los monoplazas incluyen un *transponder* o antena transmisora y receptora, batería recargable y antena GPS. La antena GPS ofrece datos de telemetría como información de *timing*, posición de la cámara (y la

⁶⁸ <http://www.tmbroadcast.es/index.php/como-se-hacen-las-carreras/> [31/07/15]

motocicleta o monoplaza) respecto al circuito, inclinación respecto al circuito, revoluciones por minuto, velocidad, equipo, nivel de aceleración y frenada⁶⁹ ... Información muy relevante tanto para los equipos que compiten como para la cobertura mediática.

En el caso de GoPro, recientemente ha lanzado al mercado un sistema para retransmisión en directo de la señal llamado HEROcast. El sistema funciona de la siguiente manera⁷⁰:

La salida HD de la cámara GoPro está codificada en un enlace de radiofrecuencia que se envía a través del transmisor codificador al decodificador de la antena receptora que, a continuación, se puede enviar a un monitor o conmutador de vídeo. Para utilizar el sistema de difusión HEROcast es necesario un espectro autorizado por la FCC (1,9-2,7 GHz).

Actualmente, como ya sucediera con el Tour de Francia, la compañía norteamericana GoPro ha entrado de lleno en el mercado de las cámaras en las retransmisiones deportivas y se ha convertido en patrocinador oficial de Moto GP pasando a ser el proveedor oficial de las cámaras *on board*, que, a partir de ahora, serán GoPro⁷¹. Habrá que esperar para ver si también se impone el HEROcast como sistema de emisión en directo para las cámaras *on board* o si se sigue empleando el sistema previamente explicado.

En el caso del motociclismo, la llegada de las cámaras *on board* supuso un nuevo espacio de posibilidades para las retransmisiones. Este tipo de cámaras se instalan en distintas partes de la motocicleta de manera que nos ofrece puntos de vista insólitos hasta la fecha, ofreciendo al espectador nuevas sensaciones y perspectivas. En el caso del ejemplo de Moto GP⁷² encontramos hasta seis perspectivas diferentes en las figuras 47, 48, 49, 50, 51 y 52.

⁶⁹ <http://photo.gp/2014/06/27/interview-with-sergi-sendra-director-of-dorna-sports-tv-production-part-2/> [Consulta 31/07/15]

⁷⁰ <http://es.gopro.com/support/articles/what-is-herocast> [Consultada 30/07/15]

⁷¹ <https://es.gopro.com/news/gopro-becomes-official-wearable-camera-of-motogp> [Consultada 31/07/15]

⁷² http://www.motogp.com/es/video_update/2015/07/11/vuelta-onboard-gopro-en-el-circuito-de-sachsenring/179687 [Consultado 30/07/15]



Figura 47. Fotograma del video de Moto GP y GoPro



Figura 48. Fotograma del video de Moto GP y GoPro

En la figura 47 se aprecia parte superior del tronco del piloto debido a que la GoPro se encuentra ubicada en la parte del velocímetro o cuadro de mandos. El círculo blanco que se aprecia en la imagen se ha utilizado para destacar la presencia de otra GoPro, la que muestra el plano de la figura 48 y que está ubicada en el colín de la motocicleta. Así, en la figura 48 se aprecia la parte posterior del piloto y parte del circuito. En este caso, el círculo indica la presencia de la GoPro que ofrece el plano de la figura 47. Estos dos planos son los más característicos en una carrera oficial de Moto GP.



Figura 49. Fotograma del video de Moto GP y GoPro



Figura 50. Fotograma del video de Moto GP y GoPro

En la figura 49 se aprecia la mano derecha del piloto, la encargada de activar el freno delantero y de controlar el puño del acelerador. Es un punto de vista interesante para ver cómo gestiona el piloto las frenadas y las aceleraciones. La figura 50, por su parte, está ubicada en la parte frontal de la motocicleta, esta cámara nos ofrece una visión privilegiada del trazado del circuito además de darnos indicaciones sobre la inclinación de la motocicleta respecto al asfalto del circuito.



Figura 51. Fotograma del video de Moto GP y GoPro

Figura 52. Fotograma del video de Moto GP y GoPro

Las figuras 51 y 52 ofrecen perspectivas menos frecuentes en este tipo de retransmisiones deportivas en directo, sin embargo, son de utilidad nada desdeñable. En el caso de la figura 51, nos ofrece una perspectiva desde debajo del colín donde se pueden apreciar ambos pies con los que el piloto controla el cambio de marchas y el freno trasero. En la figura 52 se ve el pie izquierdo del piloto, encargado de cambiar de marcha.

POSTPRODUCCIÓN EN TIEMPO REAL

Uno de los aspectos más interesantes de este tipo de retransmisiones deportivas es conocer cómo se aplica la postproducción y las correcciones de cámara a tiempo real. La información publicada en varias entrevistas de Sergi Sendra, director de *Dorna Sports TV Producción*, nos servirá y ha servido como fuente bibliográfica de información para conocer cómo funciona el sistema de producción audiovisual del Mundial de Motociclismo Moto GP.

Por un lado, todas las motocicletas llevan incorporado un sistema de telemetría que se encuentra dividido en dos canales, uno interno para el equipo y otro, el CAN-Bus de uso exclusivo para Dorna. La diferencia entre ellos radica básicamente en la frecuencia de muestreo, superior para los ingenieros de los equipos de motociclismo, por lo que los datos serán más fiables y concretos. Este canal CAN-Bus es el que incorpora datos como las revoluciones por minuto, velocidad, equipo, piloto, aceleración, frenada y ángulo de inclinación de la motocicleta respecto a un nivel horizontal. Para incorporar todos estos datos en forma de grafismo a cada plano se hace uso del IPF. Será en esta unidad donde un equipo de ingenieros y grafistas trabajan en estrecha colaboración para ofrecer datos fiables y a tiempo real (trabaja con el *Time Code* o cronometraje) y para implementar los grafismos, mediante *software*, a la señal de video.

Por otro lado, tal y como se ha explicado anteriormente, las cámaras *on board* son controladas remotamente y de forma bidireccional desde la CCU que se encuentra dentro del circuito pero obviamente fuera del trazado por lo que en la Unidad de Control de Cámaras tendrá especial relevancia para nuestro estudio la cuestión de los envíos inalámbricos. El software que ha desarrollado Dorna para este tipo de cámaras permite apagar y encender las cámaras remotamente de manera que se puede cambiar la señal de una cámara a otra de una misma motocicleta. El *software* manda datos a la motocicleta y conmuta entre una señal y otra. El mismo sistema está mandando simultáneamente al control de cámaras el nombre del piloto al que corresponde la señal para que el operador tenga más fácil la labor de reconocimiento de las cámaras. Al mismo tiempo, se mandan metadatos de colorimetría al CCU para reajustar cada cámara. Mediante el *software* se corrige una cámara, el sistema registra con qué cámara ha trabajado y guarda los parámetros, de manera que la próxima vez que se 'pinche' esa señal, el sistema mandará los últimos datos de corrección de color para que no haya que reajustar de nuevo. A modo de información útil, destacar que Dorna trabaja con Apple y Final Cut para llevar a cabo las tareas de edición y postproducción en el Mundial de Motociclismo de Moto GP.

VI. CONCLUSIONES

A lo largo de este trabajo se han analizado distintas transformaciones relevantes que se han producido como consecuencia del influjo de la tecnología en las cámaras de video y cinematográficas. En realidad, se trata de un proceso de modernización o actualización que en la mayoría de casos viene connotada por avances positivos y prescindiendo, generalmente, de los inconvenientes. Y es que, pese a que la tecnología digital ha traído consigo enormes avances y ventajas, también cabe destacar que la tecnología analógica ofrecía mejores resultados en cuanto a calidad. Aunque si bien es cierto que ésta es la única y última baza que juega a favor a día de hoy la tecnología analógica ante la digital. Los últimos avances tecnológicos han abierto nuevos horizontes en cuanto a posibilidades narrativas y técnicas que pueden desarrollar las últimas cámaras de acción o incluso las cámaras de cine Red One debido a su reducido tamaño. Como ya hemos explicado a lo largo del trabajo, el hecho de reducir el tamaño y el peso de las cámaras implica que, en el mejor de los casos, se abran nuevas posibilidades en cuanto a, por ejemplo, nuevos tiros de cámara (lugares antes inaccesibles), nuevos movimientos de cámara (dron), o, en el peor de los casos, la miniaturización de las cámaras hace menos físico un trabajo especialmente sacrificado como es el de la filmación de imágenes en movimiento.

Por otro lado, la democratización del acceso a las cámaras cinematográficas y de video es un paso innegablemente positivo desde un punto de vista socioeconómico. El hecho de que cada vez sea más accesible este tipo de material audiovisual favorece a que más personas puedan expresarse y generar obras audiovisuales, eliminando progresivamente la restricción, principalmente económica, que tradicionalmente ha acompañado a este sector. También es cierto que, aunque en la actualidad haya precios más asequibles en el mercado para acceder a cámaras de alta calidad, el mero hecho de filmar con este tipo de cámaras no implica, ni mucho menos, que el producto final, ya sea corto, medio o largo metraje, sea de alta calidad o de calidad profesional. Las películas o cortos profesionales son realizados por equipos altamente cualificados y son fruto de un largo y arduo trabajo, por lo que, una persona sin experiencia ni conocimientos en el sector, aun disponiendo de un material de alta calidad, es complicado que logre obtener un producto calidad profesional. Si bien, lo que se pretende reflejar en estas líneas es que la eliminación de las barreras económicas favorece a la llegada de nuevos productos y obras audiovisuales por parte de personas que estén comenzando en el sector profesional o semiprofesional del ámbito audiovisual.

Pretendiendo no caer en un determinismo tecnológico, esta investigación ha pretendido otorgar el relevante papel que han jugado una serie de herramientas y medios, desde Internet hasta las cámaras deportivas, impulsando, renovando y dinamizando el sector audiovisual y cinematográfico y creando y reformulando modelos y estrategias narrativas. En la actualidad, con un teléfono móvil se pueden llevar a cabo piezas audiovisuales con un cierto valor estético o narrativo y con un bajo coste. Es el caso de “5 AM”⁷³ y “The Fixer”⁷⁴, dos cortometrajes realizados exclusivamente con teléfonos móviles y cuya calidad no es nada desdeñable. Se trata de un medio, el teléfono móvil, que por no ser su finalidad principal la filmación de imágenes, se ha excluido de esta investigación, pero que, sin embargo, como se muestra, puede servir como medio y herramienta para llevar a cabo un proyecto o relato audiovisual.

Por último, y a modo de explicar la estructura de este estudio, en el que se ha incluido distintas cámaras profesionales de cine, cámaras fotográficas DSLR y las cámaras de acción en un mismo conjunto, cabe precisar que se ha entendido como nexo común que se trata de aparatos cuya finalidad más directa es registrar imágenes en movimiento (o fijas en el caso de las DSLR). Es decir, no se pretende realizar una comparación entre la calidad y prestaciones de las cámaras cinematográficas profesionales y las DSLR o entre las DSLR y las cámaras de acción. Cada tipo de cámara presentará unas prestaciones muy distintas, y precisamente en este aspecto radica la diferencia de precios entre unas y otras. Sin embargo, tanto las mejores cámaras de cine del mundo como la cámara de acción más asequible del mercado, pasando por la cámara que incorpora un teléfono móvil, puede servir, en última instancia, para crear una obra audiovisual que resulte atractiva para el espectador, ya sea por su estética o por su argumento y guion. Además, como se ha expuesto en este trabajo, las cámaras de acción han alcanzado niveles de calidad que permiten, incluso, incluir escenas filmadas con este tipo de cámaras en largometrajes cinematográficos profesionales. En este sentido, a continuación se citan algunos ejemplos de relatos audiovisuales grabados, exclusivamente, con cámara de acción y simulando un punto de vista subjetivo: “Bad motherfucker”⁷⁵ y “Hardcore”⁷⁶, ambos inspirados en el género de acción y que, desde mi punto de vista, se trata de piezas que tienen un valor distintivo y una cierta calidad.

⁷³ <https://www.youtube.com/watch?v=fQ8XYxdnG9s> [Consultado 01/09/15]

⁷⁴ <https://www.youtube.com/watch?v=w4FRujDegFw> [Consultado 01/09/15]

⁷⁵ <https://www.youtube.com/watch?v=Rgox84KE7iY> [Consultado 01/09/15]

⁷⁶ <https://www.youtube.com/watch?v=UMnURHXFhuE> [Consultado 01/09/15]

En conclusión, este trabajo ha pretendido profundizar en la comprensión de un proceso diacrónico de miniaturización de las cámaras cinematográficas y de video profesional, desde el cinematógrafo de los Lumière en 1885 hasta la última GoPro de hoy en día, aludiendo a las ventajas e inconvenientes, tanto narrativas como técnicas, de cada tipo de cámara. Paralelamente al proceso de miniaturización, se ha producido una democratización del acceso a este tipo de material cuyo coste ha sido, tradicionalmente, restrictivo y que en la actualidad, existen posibilidades a todos los niveles, desde profesional hasta doméstico, de cámaras con un coste asequible y que permiten a cualquier usuario almacenar recuerdos y vivencias o incluso generar relatos audiovisuales. Este continuo abaratamiento responde, como se ha explicado, al avance a una velocidad vertiginosa de la tecnología, que ofrece innovaciones y mejoras en cuanto a calidad y prestaciones día tras día, lo que favorece el descenso del precio de los productos predecesores.

VII. BIBLIOGRAFÍA

ÁLVAREZ, J. M^a. (2002). "El cine digital: la perplejidad domina el panorama español" en *Telos*, núm. 53 (2002). <http://telos.fundaciontelefonica.com/telos/cuadernoinprimible.asp?idarticulo=5&rev=53.html> [Consulta 6 de mayo]

ALVES, P. (2012). "Por la democratización del cine: una perspectiva histórica sobre el cine digital" en *Icono* 14, vol. 10, núm. 1, (2012). <http://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=3957070> [Consulta 6 de mayo]

BONET, E. y DOLS, J. (2010). *En torno al video*. Bizkaia: Universidad del País Vasco.

CARRASCO, J (2010). *Cine y televisión digital: manual técnico*. Barcelona: Publicacions i edicions de la Universitat de Barcelona.

DARLEY, A. (2002). *Cultura visual digital: Espectáculo y nuevos géneros en los medios de comunicación*. Barcelona: Paidós.

GARCÍA, A. y ROJO, P. A. (2010). "La reconversión tecnológica y sus efectos sobre la estructura de los medios audiovisuales en la era digital" en *Icono* 14, vol. 8, núm. 2 (2010). <http://www.icono14.net/ojs/index.php/icono14/article/view/273> [Consulta 6 de mayo de 2015]

GARCÍA, O. (2012). "La digitalización de la imagen cinematográfica y la ausencia de estándares tecnológicos" en *UCM*, vol. 18 (2012). <http://revistas.ucm.es/index.php/ESMP/article/view/40987> [Consulta 6 de mayo de 2015]

GARCÍA, E. y SÁNCHEZ, S. (2002). *Guía histórica del cine*. Madrid: Editorial Complutense.

GUBERN, R. (2014) *Historia del cine*. Barcelona: Anagrama Compendium.

IZQUIERDO, J. (2007). *Distribución y exhibición cinematográficas en España. Un estudio de situación del negocio en la transición tecnológica digital*. <http://www.tdx.cat/bitstream/handle/10803/10466/izquierdo.pdf?sequence=1> [Consulta 6 de mayo de 2015]

KODAK. (2010). Guía esencial de referencia para cineastas. Eastman Kodak Company, Rochester, USA. http://motion.kodak.com/motion/uploadedFiles/EssentialRefGuide_es.pdf

Miniaturización y democratización de las cámaras cinematográficas y de video digital

LUTHER, A. (1998). *Video camera technology*. Boston: Artech House.

LLORENS, V. (1999). *Fundamentos tecnológicos de vídeo y televisión*. Barcelona: Paidós Ibérica.

MARTÍNEZ, C. (2005). *Video digital: efectos especiales*. Madrid: Anaya Multimedia.

MARTÍNEZ, J. (1988) *Introducción a la tecnología audiovisual: televisión, video, radio*. Barcelona: Paidós Ibérica.

MARTÍNEZ, J. y SERRA, J. (2000). *Manual Básico de técnica cinematográfica y dirección de fotografía*. Barcelona: Paidós.

MOTLLÓ, J. (2001). "El cine en la era digital en España e Iberoamérica" en *UCM*, núm. 11 (2001).

<http://pendientedemigracion.ucm.es/info/multidoc/multidoc/revista/num11/paginas/articulos/motllo.pdf> [Consulta 6 de mayo]

PAREJA, E. (1991). *Sensores y cámaras CCD*. Madrid: IORTV.

PAZ, C. (2011). "La digitalización de la industria cinematográfica" en *Telos*, núm. 88 (2011).
http://telos.fundaciontelefonica.com/seccion=1268&idioma=es_ES&id=2011072711140001&activo=6.do [Consulta 6 de mayo]

PIGNOOLI, S. (2012). *Digitalización y convergencia tecnológica desde el punto de vista sociológico de la teoría general de sistemas sociales*.
http://www.google.es/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=1&ved=0CClQFjAA&url=http%3A%2F%2Fdialnet.unirioja.es%2Fdescarga%2Farticulo%2F4125271.pdf&ei=mkBKVbDmloXzUs2ngegK&usq=AFQjCNHYeWq9PJ2cRrV_FMS_j5laH_YDpw&sig2=-b6xvkDNAXPt6hLbsCveRw&bvm=bv.92291466.d.d24 [Consulta 6 de mayo]

PROBST, C. (2011). "Decoding Digital Imagers: Part 1" en *American Cinematographer*, vol. 92, núm. 5, págs.60-68 (2011).

RIAMBAU, E. (2011) *Hollywood en la era digital: de Jurassic Park a Avatar*. Madrid: Cátedra.

ROGER, V. (2010). *Nuevas tecnologías aplicadas a la realización de la información audiovisual y retransmisiones deportivas*. <https://riunet.upv.es/handle/10251/8440>
[Consulta 6 de mayo de 2015]

RUIZ, F. (2012). "El cine ante las transformaciones tecnológicas y los flujos comunicativos globales" en *Icono 14*, vol. 10, núm. 1 (2012).

<http://www.icono14.net/ojs/index.php/icono14/issue/view/Vol%201%20%2810%29>

[Consulta 6 de mayo]

SAMUELSON, D. (1998). *El manual técnico del cine*. Andoain: Escuela de Cine y Vídeo.

SÁNCHEZ NORIEGA, J. L. (2006) *Historia del cine: teoría y géneros cinematográficos, fotografía y televisión*. Madrid: Alianza.

SUÁREZ, R. (2011). *Captación de la imagen cinematográfica: soportes fotoquímico y digital*. http://www.tdx.cat/bitstream/handle/10803/83343/RSG_TESIS.pdf?sequence=1

[Consulta 6 de mayo de 2015]

SWARTZ, C. (2005). *Understanding Digital Cinema*. Oxford: Focal Press.

WARD, P. (2002). *Cámara de video digital*. Escuela de cine y video de Andoain.

WHEELER, P. (2007) *Cinematografía en alta definición*. Barcelona: Omega.